

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS MÉTODOS PROPOSTOS PELA
NORMA NBR 15527 PARA O DIMENSIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Fernando Coelho

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
JUNHO/2008**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS MÉTODOS PROPOSTOS PELA
NORMA NBR 15527 PARA O DIMENSIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Fernando Coelho

**Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para Conclusão
do Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental**

**Orientador
Prof. Dr. Ramon Lucas Dalsasso**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
JUNHO/2008**

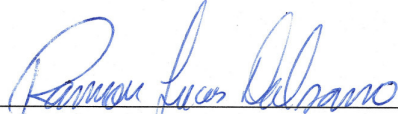
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS MÉTODOS PROPOSTOS PELA NORMA NBR
15527 PARA O DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUAS
PLUVIAIS**


FERNANDO COELHO

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental - TCC II**

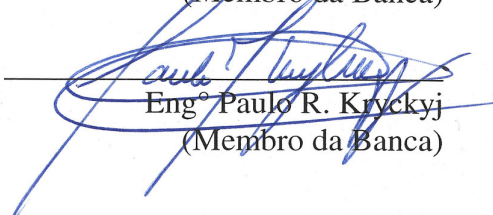
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Ramon Lucas Dalsasso
(Orientador)



Prof. Dr. Peter Batista Cheung
(Membro da Banca)



Engº Paulo R. Kryckyj
(Membro da Banca)

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
JUNHO/2008**

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS por iluminar meu caminho durante todas as fases da minha vida.

Ao Prof. Dr. Ramon Lucas Dalsasso pela orientação e amizade durante todo este período.

À equipe da empresa Trichês Engenharia e Consultoria por dar incentivo durante todo período necessário para a realização deste trabalho.

À minha FAMÍLIA por acreditar em mim e pelo seu amor, carinho e amizade o que foi decisivo para superar os momentos mais difíceis durante este período.

Aos meus amigos pelo carinho e apoio prestados.

E a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

RESUMO

A civilização humana começa a sentir os efeitos nocivos de sua própria atividade sobre a Terra. Um dos mais notáveis é a escassez dos recursos hídricos que já apresentam problemas no abastecimento de água potável.

O aproveitamento de água de chuva é assunto de recentes discussões e permeia o tema: os sistemas prediais e as edificações sustentáveis. O reservatório de armazenamento é um item imprescindível do sistema de aproveitamento de água de chuva. Seu dimensionamento depende das características da captação, dos índices pluviométricos locais e das demandas exercidas.

O presente trabalho simulou e discutiu os métodos propostos pela norma NBR 15527 em diferentes tipos de edificações e regiões do estado de Santa Catarina.

A avaliação de cada método se deu após a simulação dos mesmos, para cada tipo de edificação e região adotada por este trabalho.

A escolha do método e do volume do reservatório de águas pluviais mais conveniente foi feita levando-se em conta a autonomia do sistema e buscando-se sempre o menor volume possível.

Através deste trabalho ficou demonstrado que os métodos propostos pela NBR 15527 fornecem volumes distintos entre si, ou seja, cada um dos volumes irá proporcionar uma autonomia diferente para cada tipo de edificação.

Palavras - Chave: Escassez dos recursos hídricos; Aproveitamento da água de chuva; Reservatórios de águas pluviais.

ABSTRACT

The human civilization begins to feel the adverse effects of their activity on the Earth. One of the most notable is the scarcity of water resources that already have problems in drinking water supplies. The use of rain water is subject of recent discussions and permeates the theme: the land systems and sustainable buildings. The reservoir storage is an essential item of the system of exploitation of water from rain. His size depends on the characteristics of abstraction, the local rainfall rates and demands exercised. This simulated work and discussed the methods proposed by the NBR 15527 standard in different types of buildings and areas of the state of Santa Catarina. The evaluation of each method was given after the simulation of the same for each type of building and the region adopted by this work. The choice of method and the volume of the reservoir of rainwater more convenient was made taking into account the autonomy of the system and is always looking for the lowest possible volume. Through this work has been shown that the methods proposed by the NBR 15527 provide separate volumes among themselves, or each of the volumes will provide an autonomy different for each type of building.

Key -Words: Shortage of water resources; Harnessing water from rain; reservoirs of rainwater.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS	xi
1 INTRODUÇÃO	12
2 JUSTIFICATIVA	13
3 OBJETIVOS	18
3.1 OBJETICO GERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
4.1 CICLO HIDROLÓGICO	19
4.2 PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA	20
4.2.1 Formação das precipitações	20
4.2.2 Índices pluviométricos	21
4.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	21
4.4 MÉTODO TOPSIS (Technique for Order Préférence by Similarity to an Ideal Solution).....	24
4.5 ASPECTOS LEGAIS	24
4.5.1 No mundo	24
4.5.2 No Brasil	24
4.5.3 Em Santa Catarina	26
4.6 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA	27
4.6.1 Fundamentos técnicos para utilização das águas pluviais nas casas.....	27
4.6.2 Técnicas básicas para utilização das águas pluviais em edifícios	28
4.6.3 Usos industriais	28
4.6.4 Descarte das águas pluviais iniciais	28
4.6.5 Potencial de aproveitamento das precipitações	30
4.7 SISTEMAS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	31
4.7.1 Área de captação	32
4.7.2 Calhas, tubos de queda e complementos	34

4.7.3	Cisterna ou reservatório	34
4.7.4	Tratamento	40
4.8	MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DAS CISTERNAS DE ÁGUA PLUVIAL.....	41
5	METODOLOGIA.....	43
5.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	43
5.2	SIMULAÇÕES	44
5.2.1	Método Rippl	45
5.2.2	Método da simulação	46
5.2.3	Método prático brasileiro	47
5.2.4	Método prático alemão	47
5.2.5	Método prático inglês	48
5.2.6	Método prático australiano	48
5.3	VERIFICAÇÃO	50
5.4	ANÁLISE GRÁFICA.....	51
5.5	Determinação do potencial de utilização das edificações	52
6	RESULTADOS	54
6.1	CASA RURAL.....	54
6.1.1	Localidade: Celso Ramos.....	54
6.1.2	Localidade: Joinville	58
6.1.3	Localidade: Tubarão.....	61
6.2	CASA URBANA	64
6.2.1	Localidade: Celso Ramos.....	64
6.2.2	Localidade: Joinville	68
6.2.3	Localidade: Tubarão.....	71
6.3	EDIFÍCIO	75
6.3.1	Localidade: Celso Ramos.....	75
6.3.2	Localidade: Joinville	78
6.3.3	Localidade: Tubarão.....	82
6.4	INDÚSTRIA	85
6.4.1	Localidade: Celso Ramos.....	85
6.4.2	Localidade: Joinville	89
6.4.3	Localidade: Tubarão.....	92
6.5	POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES.....	95

7	CONCLUSÃO.....	97
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CICLO HIDROLÓGICO (INMET, 2008).	19
FIGURA 2 – SISTEMA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA RESIDENCIAL (ACQUASAVE, 2008).	27
FIGURA 3 – SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL INDUSTRIAL (ACQUASAVE, 2008).	28
FIGURA 4 – SISTEMA DE DESCARTE DO PRIMEIRO FLUXO DE ÁGUA (PROSAB, 2006).	30
FIGURA 5 – DISPOSITIVO DE DESCARTE DO PRIMEIRO FLUXO DE ÁGUA (PROSAB, 2006).	30
FIGURA 6 – CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA (COMPONENTES) EM UMA RESIDÊNCIA (ACQUASAVE, 2008).	33
FIGURA 7 – TELA HORIZONTAL COLOCADA JUNTO À CALHA PARA RETER POLUENTES MAIORES (MACOMBER, 2001).	34
FIGURA 8 – CISTERNA DE CONCRETO COM TELA DE ARAME (GNADLINGER, 1999).	36
FIGURA 9 – CISTERNA ENTERRADA DE TIJOLO E CAL (GNADLINGER, 1999).	37
FIGURA 10 – TANQUE METÁLICO EM ÁREA RURAL (DTU, 2003).	37
FIGURA 11 – CISTERNA SIMPLES (A) E CISTERNA COM RESERVATÓRIO DUPLO PARA ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO DA CHUVA (B) (3PTECHNIK, 2002).	38
FIGURA 12 – CISTERNA ENTERRÁVEL (CACUPÉ, 2003).	38
FIGURA 13 – CISTERNA PLÁSTICA UTILIZADA EM OREGON (DTU, 2003).	39
FIGURA 14 – BARRIS UTILIZADOS PARA ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA (DTU, 2003).	39
FIGURA 15 – 3P FILTRO VOLUMÉTRICO VF1 (3PTECHNIK, 2002).	41
FIGURA 16 – FREIO D'ÁGUA (3PTECHNIK, 2002).	41
FIGURA 17 – DADOS DE ENTRADA	45
FIGURA 18 – PLANILHA ELETRÔNICA (MÉTODO RIPPL)	45
FIGURA 19 – PLANILHA ELETRÔNICA (MÉTODO SIMULAÇÃO)	46
FIGURA 20 – PLANILHA ELETRÔNICA (MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO)	49
FIGURA 21 – PLANILHA ELETRÔNICA (VERIFICAÇÃO)	50
FIGURA 22 – GRÁFICO VOLUME (CASA RURAL – CELSO RAMOS)	56
FIGURA 23 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA RURAL – CELSO RAMOS)	57
FIGURA 24 – GRÁFICO VOLUME (CASA RURAL – JOINVILLE)	60
FIGURA 25 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA RURAL - JOINVILLE)	60
FIGURA 26 – GRÁFICO VOLUME (CASA RURAL – TUBARÃO)	63
FIGURA 27 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA RURAL – TUBARÃO)	63
FIGURA 28 – GRÁFICO VOLUME (CASA URBANA – CELSO RAMOS)	66
FIGURA 29 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA URBANA – JOINVILLE)	67
FIGURA 30 – GRÁFICO VOLUME (CASA URBANA – JOINVILLE)	70
FIGURA 31 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA URBANA – JOINVILLE)	70
FIGURA 32 – GRÁFICO VOLUME (CASA URBANA – TUBARÃO)	73
FIGURA 33 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA URBANA – TUBARÃO)	74

FIGURA 34 – GRÁFICO VOLUME (EDIFÍCIO – CELSO RAMOS)	77
FIGURA 35 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (EDIFÍCIO – CELSO RAMOS)	77
FIGURA 36 – GRÁFICO VOLUME (EDIFÍCIO – JOINVILLE)	80
FIGURA 37 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (EDIFÍCIO – JOINVILLE)	81
FIGURA 38 – GRÁFICO VOLUME (EDIFÍCIO – TUBARÃO)	84
FIGURA 39 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (EDIFÍCIO – TUBARÃO)	84
FIGURA 40 – GRÁFICO VOLUME (INDÚSTRIA – CELSO RAMOS)	87
FIGURA 41 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (INDÚSTRIA – CELSO RAMOS)	88
FIGURA 42 – GRÁFICO VOLUME (INDÚSTRIA – JOINVILLE)	91
FIGURA 43 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (INDÚSTRIA – JOINVILLE)	91
FIGURA 44 – GRÁFICO VOLUME (INDÚSTRIA TUBARÃO)	94
FIGURA 45 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (INDÚSTRIA – TUBARÃO)	94
FIGURA 46 – MATRIZ DE RELEVÂNCIA	95
FIGURA 47 – MATRIZ NORMALIZADA	95
FIGURA 48 – MATRIZ PONDERADA	96

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO PLANETA.....	14
TABELA 2 – PRODUÇÃO HÍDRICA DO MUNDO	14
TABELA 3 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL POR REGIÕES.....	15
TABELA 4 – REGIÕES DO BRASIL COM ÁREAS EM KM ² E POPULAÇÃO..	15
TABELA 5 – ESTIMATIVAS DE CONSUMO CONFORME NBR 13969.....	16
TABELA 6 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL	23
TABELA 7 – COEFICIENTES DE RUNOFF MÉDIOS.....	31
TABELA 8 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CISTERNAS ENTERRADAS E APOIADAS	36

1 INTRODUÇÃO

Uma das inscrições mais antigas do mundo é a conhecida Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio, datada de 850 aC. Nela, o rei Mesha dos Moabitas, sugere que seja feito um reservatório em cada casa para o aproveitamento da água de chuva (TOMAZ, 2003).

No palácio de Knossos na ilha de Creta, aproximadamente em 2000 aC, era aproveitada a água de chuva para descarga em bacias sanitárias. Nesta região, são inúmeros os reservatórios escavados em rochas anteriores a 3000 aC, que aproveitavam a água da chuva para consumo humano (TOMAZ, 2003).

A grande fortaleza e convento dos Templários, localizada na cidade de Tomar, Portugal, que teve início de construção em 1 de março de 1160, existe dois reservatórios para aproveitamento de água de chuva, sendo um com 215m³ e outro com 145m³ (TOMAZ, 2003).

Embora no momento ainda não esteja sendo feito, acredita-se que no futuro o aproveitamento de água de chuva será feito pelas companhias de água potável e por companhias privadas, para o abastecimento de hotéis, complexos de apartamentos.

Além de ajudar na racionalização dos recursos hídricos, evitando assim sua escassez, o aproveitamento da água de chuva pode amenizar os riscos de enchentes nos centros urbanos devido à impermeabilização causada pela urbanização, ajuda a aliviar a exploração dos aquíferos que já estão bastante comprometidos com a exploração irracional do ser humano e com a extinção das áreas de recarga do mesmo, além de proporcionar economia para o usuário.

Um dimensionamento errado do reservatório de águas pluviais pode acarretar em perdas de terras onerosas para o seu proprietário, devido à grande área que a cisterna poderá ocupar havendo um dimensionamento equivocado, e falta de água no sistema devido a períodos de estiagem na região.

Para se conseguir uma reserva adequada é essencial se conhecer os dados pluviométricos da localidade onde se encontra o sistema, o uso pretendido que pode ser das mais variadas formas desde a utilização em vasos sanitários até na refrigeração de ambientes da edificação e a tipologia da edificação visto que cada edificação apresenta uma demanda, uma potencialidade de captação e utilizações diferentes entre si.

Este trabalho simulou o dimensionamento de reservatórios de água de chuva utilizando os métodos adotados na norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), discutindo-os e verificando através destas simulações qual seriam o método mais adequado e o volume mais conveniente a ser utilizado levando-se em conta alguns fatores preponderantes.

A questão econômica não fez parte dos fatores para a escolha do método mais adequado, mas indiretamente foi considerado, na medida em que se buscou adotar o menor volume para o reservatório, que garanta o abastecimento de água durante todo o ano.

2 JUSTIFICATIVA

A disseminação de informações sobre a disponibilidade de água no planeta é preocupante. Estudos apontam que, para os próximos 20 anos, dois terços da população viverão em territórios com grande escassez de água (MAY, 2004). A disponibilidade hídrica se refere tanto à oferta quanto à qualidade da água às populações. Deste modo, esta disponibilidade está diretamente ligada com as reservas de água existentes e encontrar água de boa qualidade na natureza está a cada dia mais difícil.

A escassez da água tornou-se um dos graves problemas mundiais e vêm aumentando devido a vários fatores como a poluição hídrica, o uso desordenado, o crescimento da demanda, os aglomerados urbanos e a industrialização. Estes fatores contribuem gradativamente para a diminuição da sua disponibilidade e fazem com que a água torne-se a cada dia um bem mais raro e, conseqüentemente, mais precioso.

De acordo com TOMAZ (2003) o fornecimento de água também é comprometido quando a oferta não acompanha a demanda. Isso se deve ao crescimento acelerado do setor urbano e industrial que aumenta excessivamente o consumo de água. Quanto maior o aglomerado urbano, maior a demanda diária per capita. O suprimento de água já está ficando comprometido em algumas cidades, pois a oferta não acompanha a demanda.

No mundo, 96,5% da água é salgada. A água doce somente corresponde aos 3,5% restantes. Porém 68,9% da água doce estão congelados nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas. A água subterrânea compreende 29,9% do volume total de água doce do planeta. Somente 0,266% da água doce representam toda a água dos lagos, rios e reservatórios (significa 0,007% do total de água doce e salgada existente no planeta) (TOMAZ, 2003).

A Tabela 1 a seguir apresenta um panorama da distribuição de águas no planeta onde se pode observar o volume de água existente em suas diversas fontes, assim como o percentual de água doce em relação às águas salgadas.

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO PLANETA

Onde se encontra a água	Volume (em trilhões de m ³)	% do total de água	% do total de água doce
Oceano, mares e baías	1.338.000	96,5	-
Calotas polares, geleiras e neve permanente	24.084	1,74	68,7
Água subterrânea	23.400	1,7	-
- Doce	10.530	0,76	30,1
- Salina	12.870	0,94	-
Umidade do solo	16,5	0,001	0,05
Gelo terrestre e subsolo congelado	300	0,022	0,86
Lagos:	176,4	0,013	-
- Doce	91	0,007	0,26
- Salina	85,4	0,006	-
Atmosfera	12,9	0,001	0,04
Água em pântanos	11,47	0,0008	0,03
Rios	2,12	0,0002	0,006
Água retida em seres vivos	1,12	0,0001	0,003
Total	1.385.984	100	100

FONTE: TOMAZ (2003)

A América do Sul corresponde a 23,1% da vazão média do mundo dos mananciais de superfície, sendo somente superada pela Ásia com 31,6% conforme tabela 2.

TABELA 2 – PRODUÇÃO HÍDRICA DO MUNDO

Regiões do Mundo	Vazão média (m ³ /s)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	102.000	7,0
Antártida	73.000	5,0
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tásmania	11.000	0,8
Total	1.448.000	100,0

FONTE: TOMAZ (2003)

Na América do Sul, o Brasil apresenta vazão média de 177.000m³/s (53%) enquanto toda a América do Sul apresenta vazão média de 334.000 m³/s. Em relação ao mundo, o Brasil tem 12% da produção hídrica de superfície. A disponibilidade do Brasil, por regiões em quilômetros cúbicos e em porcentagem está na tabela 3.

TABELA 3 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL POR REGIÕES

Regiões do Mundo	Vazão média (Km³/s)	Porcentagem (%)
Norte	3.845,50	68,5
Nordeste	186,20	3,3
Sudeste	334,20	6,0
Sul	365,40	6,5
Centro-Oeste	878,70	15,7
Total	5.610,00	100,0

FONTE: TOMAZ (2003)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a área em Km² e a população do Brasil, no ano 1999 está na tabela 4.

TABELA 4 – REGIÕES DO BRASIL COM ÁREAS EM KM² E POPULAÇÃO

Regiões do Brasil	Área (Km²)	População 1999	Porcentagem da População
Norte	3.869.637	12.133.705	7,40
Nordeste	1.561.177	46.289.042	28,23
Sudeste	927.286	69.858.115	42,61
Sul	577.214	24.445.950	14,91
Centro Oeste	1.612.077	11.220.742	6,85
Total	8.547.403	163.947.554	100,00

FONTE: TOMAZ (2003)

Devemos observar no quadro acima, que a região Norte tem 68,5% da água de todo o Brasil, embora a população seja relativamente pequena: 7,40% da população do país.

Há, portanto, um desequilíbrio entre oferta e necessidade. Observa-se também, que a região Sudeste possui a maior população e o problema é acentuado pela poluição dos rios, insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos.

Dentro deste contexto, faz-se necessário ampliar nossos conhecimentos referentes à conservação de água, para que esse recurso possa ser preservado de forma que no futuro próximo não se torne totalmente escasso.

A Conservação de Água, segundo CIRRA/FCTH, pode ser compreendida como as práticas, técnicas e tecnologias que aperfeiçoam a eficiência do uso da água, podendo ainda ser definida como qualquer ação que:

- ✓ Reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- ✓ Reduz o consumo de água;
- ✓ Reduz o desperdício de água;
- ✓ Reduz as perdas de água;
- ✓ Aumenta a eficiência do uso da água;
- ✓ Aumenta a reciclagem e o reuso da água;
- ✓ Evita a poluição da água.

Para se ter eficiência no consumo de água é necessário observar todo o uso dado para a água, desde o momento que é coletada na fonte até o momento em que é consumida.

Muitos usos são dados para a água, seja na agricultura, na indústria nas residências ou na prestação de serviços.

Segundo dados da ANA (2007), o Brasil utiliza, em média, 61% da água no setor agrícola, 18% no setor industrial e 21% no consumo humano. O uso da água de qualidade pelos homens é, principalmente, dentro de casa, para escovar os dentes, tomar banho, na cozinha, entre outros. Observando isso, o sistema de aproveitamento da água de chuva ganha ainda mais importância, pois é capaz de armazenar grandes volumes de água destinados para esse consumo doméstico, bem como para utilização na indústria e na agricultura.

A NBR 13969 (ABNT, 1997) faz uma estimativa de consumo por ocupante permanente e temporário, como mostra a tabela a seguir.

TABELA 5 – ESTIMATIVAS DE CONSUMO CONFORME NBR 13969

Prédio	Unidade	água (L/dia)	descarga (L/dia)
1. Ocupantes permanentes			
Residência padrão alto	pessoa	160	60
Residência padrão médio	pessoa	130	50
Residência padrão baixo	pessoa	100	40
Hotel	pessoa	100	30
Alojamento provisório	pessoa	80	30
2. Ocupantes temporários			
Fábricas em geral	pessoa	70	30
Escritórios	pessoa	50	30
Edifício público/comercial	pessoa	50	20
Escolas e locais de longa permanência	pessoa	50	30
Restaurantes e similares	pessoa	25	10
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	2
Sanitários públicos	bacia	480	450

FONTE: ABNT (1997)

O aproveitamento da água de chuva tem se configurado como uma alternativa promissora para a solução de diversos problemas tais como escassez de água e freqüentes inundações, principalmente em regiões metropolitanas. A captação e o armazenamento do volume de água oriundo das chuvas podem minimizar o impacto de tais problemas, podendo proporcionar entre outros benefícios, uma economia de gastos associados ao consumo de água proveniente de fontes tradicionais de abastecimento bem como uma redução dos transtornos causados pelas enchentes.

Um adequado dimensionamento do reservatório de águas pluviais é de suma importância para a viabilidade técnico-econômica de implantação de um sistema de aproveitamento da água de chuva, visto que, o reservatório, é considerado por alguns autores a parte mais onerosa do sistema. No dimensionamento dos reservatórios busca-se determinar a capacidade volumétrica que atenda ao máximo possível à demanda exercida com um menor custo de construção. Dependendo do método de dimensionamento utilizado, pode-se chegar a valores proibitivos da capacidade do reservatório quer seja por razões físicas ou econômicas.

Atualmente, a grande maioria dos projetos de reservatórios para armazenamento de água de chuva tem sido conduzida na base de critérios puramente empíricos. A predominância de tais critérios sobre critérios racionais é decorrência da variedade e complexidade dos métodos de dimensionamento encontrados na literatura, o que muitas vezes dificulta suas utilizações.

A hipótese deste trabalho é que seja possível escolher o método mais adequado e o volume mais conveniente para o reservatório de águas pluviais de acordo com a tipologia da edificação, do uso pretendido e do regime de chuvas da região onde a mesma se encontra.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é aplicar e discutir os métodos propostos pela norma NBR 15527 para se dimensionar o volume de reservação de água de chuva para atender a demanda exercida por diferentes usos em diferentes edificações.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Verificar, através das simulações feitas, a reservação mais conveniente, em termos técnicos, para a edificação em análise;
- ✓ Caracterizar as edificações quanto ao uso potencial de utilização da água de chuva;
- ✓ Verificar, entre os métodos propostos pela NBR 15527, quais se mostraram mais adequados para o tipo e a localidade onde se encontra a edificação;
- ✓ Verificar qual o fator que levou a escolha de um método em relação a todos os outros propostos.

4 FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é um sistema físico quase estável e auto-regulável da quantidade da água, no qual a água é constantemente transportada de um reservatório para outro, reservatórios esses compostos pelos oceanos, rios, lagos, lençóis freáticos, dentre outros.

Tal ciclo pode ser descrito como a constante variação dos estados físicos da água, permitindo que a mesma se movimente entre o globo terrestre e a atmosfera, e vice-versa, garantindo assim sua renovação contínua. A princípio, o calor proveniente do sol aquece a água dos oceanos, rios e lagos, fazendo com que esta se transforme em vapor, sendo assim transportadas por massas de ar formando as nuvens, momento em que ocorrerá a gradativa condensação prosseguida de precipitação em forma, principalmente, de chuva, granizo ou neve. Uma parte dessa água advinda da precipitação infiltra no solo, enquanto que o restante escoar de volta para oceanos, rios e lagos, reiniciando o ciclo.

A figura 1 a seguir mostra a dinâmica do ciclo hidrológico.

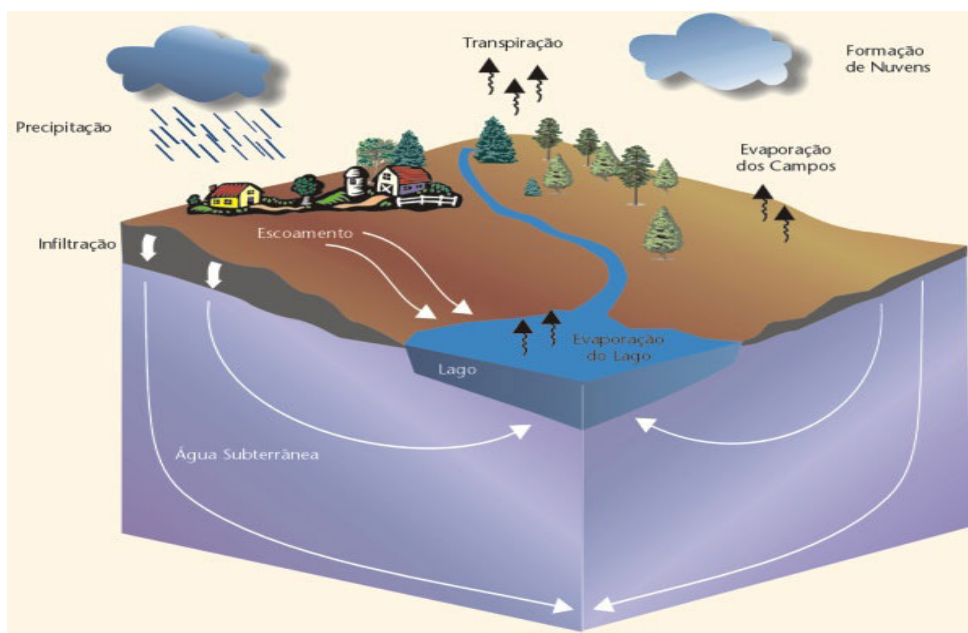


FIGURA 1 – CICLO HIDROLÓGICO (INMET, 2008).

A evapotranspiração é o processo pelo qual ocorre a evaporação da água do solo e das superfícies líquidas e a transpiração dos vegetais. O processo de evapotranspiração da vegetação apresenta importantes funções no ciclo hidrológico, sendo elas:

- ✓ Acelera o processo de evaporação através da transpiração das superfícies das folhas, repondo o vapor d'água na atmosfera;
- ✓ Contribui em parte para o equilíbrio do clima e da própria atmosfera;
- ✓ Previne fenômenos de erosão provocados pela ação mecânica da água sobre o solo.

Assim como as águas da superfície, as águas subterrâneas estão em constante mudança. Ao longo dos anos, décadas e séculos elas encontram seu caminho para as calhas dos rios e cursos d'água e, em seguida, voltam para o mar.

10% a 20% da água de chuva encontram um caminho para os sistemas de água subterrânea, o que favorece a recarga de aquíferos. O processo de retirar mais água de aquífero do que a quantidade que retorna a ele naturalmente, é chamado de “super exploração lençóis freáticos e artesianos”. O uso desordenado das águas subterrâneas é um dos grandes problemas que o planeta enfrenta.

À medida que cresce a população, o uso sustentável de água depende fundamentalmente da adaptação das pessoas ao ciclo da água. O ser humano precisa desenvolver habilidades, conhecimentos, procedimentos e instituições para administrar o uso da água de forma integrada e abrangente, a fim de manter a qualidade e a quantidade do suprimento.

4.2 PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA

4.2.1 Formação das precipitações

Precipitação é a liberação de água proveniente do vapor d'água da atmosfera sobre a superfície da terra, sob a forma de orvalho, chuvisco, chuva, granizo, saraiva ou neve.

A chuva apresenta outra função além de transferir a água dos oceanos para a terra, ela também é importante para o equilíbrio radioativo de terra. Porém, a chuva não depende apenas da quantidade de vapor, ela depende da topologia local, dos padrões de evaporação e dos ventos.

A condensação do vapor d'água atmosférico, consequência de seu resfriamento a ponto de saturação, pode ocorrer quando as massas de ar resfriam-se devido:

- ✓ Ação frontal de outras correntes eólicas;
- ✓ Presença de topografia abrupta;
- ✓ Fenômenos de convecção térmica e, combinação dessas causas.

Existem três principais tipos de chuvas, são elas:

- ✓ Precipitação ciclônica ou frontal: A precipitação ciclônica está associada à passagem de uma perturbação ciclônica. O ciclone típico é uma grande massa de ar que apresenta homogeneidade horizontal de temperatura e umidade, de diâmetro compreendido entre 800 a 1.600 km ou mais, e que gira com uma velocidade de cerca de 48 km/h. No centro dessa massa de ar a pressão barométrica é baixa e o ar aproxima-se deste centro segundo uma espiral e com uma componente vertical ascendente. As chuvas ciclônicas são chuvas associadas com a passagem de ciclones ou zonas de baixa pressão. Podem ser frontais ou não frontais. Geralmente a precipitação ciclônica apresenta-se como precipitação frontal, assim chamada em virtude da intersecção com o solo de uma interface inclinada formada por massas de ar frio e ar quente. As chuvas frontais são causadas pelo encontro de massas de ar quente e frio, que geram a ascensão da massa de ar quente (menos densa) sobre a de ar frio, produzindo o esfriamento e a consequente condensação.

- ✓ Precipitação convectiva: resulta quando uma massa local de ar úmido sofre uma rápida ascensão aquecida pelas radiações e reflexões solares na superfície da terra. Ao subir, o ar se expande realizando trabalho e conseqüentemente perde calor. Ao se resfriar a massa de ar úmido se condensa e precipita sob forma de chuva. As chuvas convectivas ou de convecção são produzidas como resultado do aquecimento da camada superficial do ar. Esse ar mais quente, sendo menos denso, tende a subir, podendo então tornar-se saturado, formando nuvens e dando origem a precipitação. A precipitação convectiva que ocorre principalmente na estação do verão, é caracterizada também por fortes ventos e, algumas vezes, pela ocorrência de granizo, causado pelo rápido resfriamento da massa de ar quente em ascensão. É grande a importância da precipitação convectiva nos estudos hidrológicos referentes a bacias urbanas visto que estas áreas, caracterizada por grande impermeabilidade da cobertura do solo e facilidade ao escoamento superficial orientado, possuem tempos de concentração muito curtos facilitando a ocorrência de enchentes.
- ✓ Precipitação orográfica: ocorre quando as massas de ar são forçadas a uma ascensão mecânica provocada por barreiras montanhosas. A precipitação orográfica apresenta distribuição e localização muito irregular. São chuvas de baixa intensidade e longa duração. O efeito Fohen que explica o aquecimento e ressecamento de massas de ar, ao vencerem montanhas, está associado a este tipo de precipitação.

4.2.2 Índices pluviométricos

O registro histórico das precipitações nos últimos anos é fundamental para o dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais. Através dele, observa-se não só a quantidade de água precipitada diariamente e/ou mensalmente, mas também os períodos de dias sem chuva. Deve-se estar atento para o fato de que a precipitação geralmente tem grande variação entre os diversos anos registrados, sendo maior ou menor dependendo da localidade estudada.

No Brasil, há duas entidades que, dependendo da existência de estações meteorológicas nas localidades desejadas, podem fornecer os índices pluviométricos para qualquer localidade do país. São eles o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Em Santa Catarina os índices pluviométricos para qualquer região do estado podem ser adquiridos junto a EPAGRI-CIRÂM (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – EPAGRI / CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E HIDROMETEOROLOGIA – CIRÂM). O presente trabalho adquiriu os dados necessários para a realização do mesmo junto a este órgão.

4.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

A sociedade atual vive um sério dilema. A falta de água começa a influir na população dos grandes centros. O aumento da demanda somado à poluição dos mananciais

faz com que se procure água a distâncias cada vez maiores. Conseqüentemente a água esta cada vez mais dispendiosa para a população.

Torna-se necessário, então, criar formas alternativas para combater esse aumento da demanda de água potável. Uma dessas fontes alternativas é a utilização de água pluvial. Há muito tempo, essa tecnologia é utilizada em diversas regiões do mundo sendo em algumas, a única fonte de abastecimento de água limpa.

Existem registros de utilização de água de chuva antes mesmo do nascimento de Cristo. Existem registros de cisternas construídas no deserto de Negev em Israel que datam de 2000 A.C. Também são encontradas na literatura citações de grandes cisternas no Norte da África que foram construídas há pelo menos 2000 anos. Nos Estados Unidos, principalmente nas regiões rurais do meio-oeste, existem varias cisternas com mais de 100 anos que eram a única fonte água potável no início do século passado para a população residente nesta área (GROUP RAINDROPS, 2002). No Brasil, existem cisternas que foram construídas no Século XVIII, como por exemplo, a Fortaleza de Ratoes, onde a água dos telhados era coletada e conduzida a uma cisterna para ser consumida pelas tropas do império (JAQUES, 2005).

Entretanto, com o desenvolvimento dos sistemas públicos de água, o aproveitamento de água pluvial foi entrando em desuso, ficando a sua utilização mais restrita a regiões onde essa era a única fonte de água disponível. Demorou séculos e graves problemas nos abastecimentos precisaram surgir para que se voltasse a dar maior atenção a essa fonte de abastecimento.

A água pluvial sempre foi considerada parte do esgoto sanitário e, como ele, acreditava-se ser necessário afastá-la o mais rapidamente da edificação.

O crescimento populacional, que provocou o aumento pela demanda de água, foi responsável também por uma maior impermeabilização do solo urbano, contribuindo para aumentar os problemas da drenagem urbana. Com isto, as chuvas que poderiam ser vistas como alívio para os problemas de abastecimento começou a causar pânico e temor na população.

Portanto, o aproveitamento de água pluvial além de ser uma ação importante para o uso racional da água, é uma medida não estrutural da drenagem urbana, pois diminui o impacto causado pelas precipitações nas galerias pluviais (CANHOLI, 1995).

Entendem-se como medida não estrutural todas as ações que procuram reduzir os danos ou conseqüências das inundações, não por intervenções constituídas por obras, mas fundamentalmente pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de apoio a conscientização da população à manutenção de diversos componentes do sistema de drenagem e outros. Esse tipo de ação pode ser eficiente a custos mais baixos e com horizontes mais longos de eficiência do que as ações tradicionais. (CANHOLI, 1995).

Existe uma grande diversidade de técnicas para captação e aproveitamento de água pluvial. Percebe-se que os sistemas antigos eram tecnologicamente simples. Entretanto, com o passar dos anos essas técnicas foram sendo aprimoradas a fim de fornecer, para o consumidor final, uma água de melhor qualidade. Hoje, a opção pelo sistema se dá principalmente pela quantidade de recursos disponíveis e pelo uso para qual se destina a água.

Ao se optar pela utilização de água pluvial, ocorrem vantagens e desvantagens, algumas delas citadas na Tabela 6 a seguir.

TABELA 6 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo)	Alto custo (principalmente quando comparada com outras fontes)
Fácil manutenção	Suprimento é limitado (depende da quantidade de precipitação e da área de captação)
Baixos custos de manutenção e operação	Custo inicial alto
Qualidade relativamente boa (principalmente quando a captação é feita no telhado)	Não atrativo a políticas públicas
Baixo impacto ambiental	Qualidade da água vulnerável
As tecnologias disponíveis são flexíveis	Possível rejeição cultural
Construção simples	
Serve além de fonte de água como uma medida	

FONTE: GOULD, NISSEN-PETERSEN (1999)

A desvantagem, quanto ao custo, citada na tabela anterior é bastante relativa, pois, como discutido anteriormente, fica cada vez mais caro obter-se água potável. À medida que os mananciais são degradados, ela se torna mais onerosa. Outro fator que contribuirá cada vez mais para aumentar o custo de água potável é cobrança por este bem. As concessionárias deste serviço sempre cobraram pela captação, adução, tratamento e distribuição. Entretanto começou-se a cobrar pela água em si em diversas bacias do país, como por exemplo, a Bacia do Rio Paraíba do Sul e do Alto Iguaçu. (ANA, 2002).

A viabilidade da construção de um sistema está relacionada à pelo menos uma das seguintes situações:

- ✓ Alta precipitação anual;
- ✓ Problemas no abastecimento de água potável;
- ✓ Altos preços da água potável;
- ✓ Restrições impostas pelo poder público devido à impermeabilização.

Outro fator a considerar é o impacto cultural trazido pela utilização de água pluvial. A aceitação ou a rejeição pela população local do uso deste tipo de água é fundamental para o sucesso de um projeto. Se ocorrer rejeição, uma campanha de conscientização e de educação pode resolver o problema.

A implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial pode trazer grandes vantagens no aspecto ambiental. Com o aumento da demanda, o poder público tende a iniciar a construção de barragens para abastecer os grandes centros. Porém, essas barragens podem causar um enorme impacto ambiental, inundando grandes áreas, o que poderá trazer grandes prejuízos à fauna e à flora. Ao contrário disto, a construção de cisternas simula a construção de pequenas barragens individuais, que evitam esse dano ambiental.

Esse fato pode ser exemplificado através de números da cidade de Tóquio. Se em todas as casas dessa cidade (1.500.000 unidades) fossem construídas cisternas, considerando uma área de captação média de 60m² e uma chuva média de 1500mm, ter-se-ia um potencial de armazenamento de cerca de 135.000.000m³, valor este maior que a

quantidade que a represa de Yagisawa anualmente fornece para Tóquio que é cerca de 126.000.000m³. (GROUP RAINDROPS, 2002).

Desta forma, não é difícil de entender por que essa fonte de abastecimento já esta sendo utilizada em muitos locais do mundo.

4.4 MÉTODO TOPSIS (TECHNIQUE FOR ORDER PRÉFÉRENCE BY SIMILARITY TO AN IDEAL SOLUTION)

Os fundamentos teóricos deste método foram desenvolvidos por Hwang and Yoon (1981) e apresentados por Montanari (2003) e Tzeng et al (2004) no contexto de avaliações de alternativas ambientais.

Em resumo ele consiste em ordenar as ações, onde a situação mais adequada será aquela que apresenta o perfil mais próximo (distância) de uma solução.

4.5 ASPECTOS LEGAIS

4.5.1 No mundo

Vários países desenvolvidos estabeleceram diretrizes conservadoras com baixo risco e tecnologias de alto custo, tomando como base os padrões da Califórnia. Entretanto, um grande número de países em desenvolvimento adota outra estratégia de controle dos riscos à saúde, através de tecnologias de baixo custo baseadas nas recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Encontram-se na literatura várias normas internacionais com os limites estabelecidos para o uso e/ou reuso de água de acordo com a sua utilização. Todavia, a EPA (2004) ressalva que não há nenhuma regulamentação federal nos Estados Unidos, mas que de maneira singular, diversos estados desenvolveram guias e regulamentações especificando a qualidade que deve ser alcançada de acordo com o uso destinado.

Na Califórnia, Alemanha e Japão são oferecidos financiamentos para a construção de sistemas de captação de água de chuva. Hamburgo foi o primeiro estado alemão a instalar sistemas de aproveitamento de água de chuva, sendo concedido pelo governo cerca de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 a quem aproveitasse a água de chuva. Em algumas cidades da Alemanha os usuários de águas pluviais devem comunicar ao serviço de água municipal a quantidade estimada de água de chuva que está sendo usada e os fins a que se destina.

4.5.2 No Brasil

A Constituição de 1988 atribuiu ao Sistema Único de Saúde, de acordo com o Artigo 200, inciso VI, a competência para “fiscalizar e inspecionar alimentos, compreendido o controle de seu teor nutricional, bem como bebidas e águas para consumo humano”. A Constituição de 1988 foi a primeira a tratar da qualidade da água para o consumo humano. As de EC-1/1969, 1967, 1946, 1937, 1934 e 1891 tratavam apenas da propriedade da água e da concessão ao seu uso.

A Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000, publicada pelo Ministério da Saúde estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da

qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, inclusive referindo-se a soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano no item III, do Capítulo II de seu Anexo: norma de qualidade da água para consumo humano. No entanto a utilização da água de chuva para consumo humano só deve ser uma alternativa a ser considerada em casos onde o fornecimento de água tratada não supre a demanda, como ocorre na região do semi-árido nordestino.

A coleta e aproveitamento da água de chuva também foi tema de normatização da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), onde foi aprovada a norma NBR 15527 sobre aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis. A Comissão de Estudos da ABNT utilizou como referência a norma alemã DIN 1989-1 do Deutsches Institut für Normung e.V, aprovada em abril de 2002 e que trata de sistemas de aproveitamento de águas pluviais

Alguns atos das esferas estaduais e municipais têm considerado a técnica de captação e utilização de água da chuva, porém dentro de um contexto mais amplo, o do uso racional da água. Abaixo seguem alguns exemplos de municípios e estados cujas legislações trabalham a questão.

O Município de São Paulo, em 2002, baixou a Lei nº. 13.276 e o Decreto nº. 41.814, que regulamentou a lei. Tornava-se então “obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m².” Porém, aqui o objetivo da Prefeitura é, em um primeiro momento, o de se evitar inundações nos logradouros, canais e rios públicos, pois permite que a água armazenada seja infiltrada no solo ou despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva. Permite ainda que a água coletada seja armazenada e utilizada para fins não-potáveis.

O mesmo Município viria então a emitir em 28 de junho de 2005 a Lei nº. 14.018, instituindo o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações, com o objetivo de: “instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água”.

O Município de Curitiba, em 2003, aprovou a Lei 10.785, criando o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, com o objetivo de “instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.” Exigindo sua consideração para a aprovação de projetos de novas edificações, a lei dispõe sobre aparelhos e dispositivos economizadores de água, a reutilização de águas servidas, a captação e a utilização de águas das chuvas e sobre o uso correto das águas não-potáveis.

Em Goiânia – GO foi apresentado em 25 de setembro de 2003 o Projeto de Lei nº 2003000158 de autoria do vereador Clécio Alves que institui programa de reaproveitamento de águas provenientes de lavatórios, banheiros, chuvas e dá outras providências. O tema do projeto foi sugerido pelo presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte, Augusto Almeida Netto. Este projeto foi inspirado pela aprovação do projeto de Lei de Curitiba e sugere que as águas de reuso sejam utilizadas em descargas de vasos sanitários e mictórios. A proposta defende que a prefeitura de Goiânia ofereça orientação técnica e conceda incentivos aos donos de habitações que se inscreverem no programa para realizar as adaptações de seus imóveis.

O Governo do Estado do Rio de Janeiro, com a Lei nº. 4.393 de 16 de setembro de 2004 obrigou as empresas projetistas e de construção civil a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água de chuva, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 (cinquenta) famílias ou nos de empreendimentos comerciais com mais de 50 m² de área construída, em todo o Estado. Também determinou que a água coletada devesse ser utilizada para fins não-potáveis.

4.5.3 Em Santa Catarina

No estado de Santa Catarina o município de São Miguel do Oeste sancionou a Lei Nº 5.722 que dispõe sobre a obrigatoriedade edifícios com números iguais ou superiores a 03 (três) pavimentos e superior a 600,00 m² (seiscentos metros quadrados), os hotéis, motéis, pousadas e similares com número igual ou superior a 08 (oito) apartamentos dotados de toalete ou WC, a serem construídos a partir da data de promulgação desta Lei, ficam obrigados a instalar sistema de reuso de água proveniente da chuva.

Joinville através da lei complementar Nº 220/2006 de 03/10/2006 também dispõe sobre o reaproveitamento das águas pluviais em telhados, sacadas, terraços, marquises e outros espaços abertos existentes em edificações destinadas a estabelecimentos industriais, comerciais, de serviços e públicos, condomínios residenciais horizontais e/ou verticais que tenham construção acima de 750,00m² (setecentos e cinquenta metros quadrados), que deverão ser canalizadas para reservatório específico.

Em Jaraguá do Sul a lei Nº 4675/2007 dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Isto deve ser obedecido para empreendimentos residenciais com mais de 20 (vinte) unidades habitacionais, nos prédios públicos, nos empreendimentos e indústrias comerciais com mais de 200m² (duzentos metros quadrados) de área construída, no município de Jaraguá do Sul.

A resistência na aprovação dos projetos de Lei relacionados ao aproveitamento de água de chuva está na dificuldade de se estabelecer parâmetros para a sua regulamentação, uma vez que não existem ainda normas técnicas específicas para o reuso de água de chuva. Alguns pesquisadores defendem que os parâmetros exigidos para fins não potáveis para os quais a água de chuva seria utilizada poderiam ser os mesmos utilizados para os testes de balneabilidade. Já outros afirmam que poderiam ser adotadas as normas estabelecidas para reuso de esgoto doméstico ou com características similares estabelecidas na NBR 13969:1997 que tratam do reuso local. Esta norma determina que o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e de veículos automotivos, descarga de vasos sanitários, manutenção paisagística dos lagos e canais com água, irrigação dos campos agrícolas e pastagens (ABNT, 1997).

Observa-se que nos últimos 5 anos houve grande ocorrência de legislação sobre uso racional da água. Mas deve-se entender que não se trata de mera coincidência. Embora estas cidades e estados não estejam sujeitas a condições climáticas adversas, podem ter problemas quanto às fontes de água do sistema público de abastecimento, como poluição e pouca oferta. A legislação, ao incentivar (ou forçar) o desenvolvimento de novos hábitos no consumo de água, assim como a busca de fontes alternativas de água para a população, é de grande eficácia na redução do consumo de água pelo sistema público de abastecimento

ou, no mínimo, na redução da velocidade com que cresce a demanda de água pela população.

4.6 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

4.6.1 Fundamentos técnicos para utilização das águas pluviais nas casas

As águas coletadas não devem conter sedimentos e/ou outros materiais grosseiros. Armazenadas em reservatórios, são então empregadas em banheiros, na lavagem de carros, para regar jardins, e na limpeza da casa. É essencial que todas as pessoas da família estejam cientes da utilização das águas pluviais, cooperando na limpeza das calhas, da superfície dos telhados, e na manutenção do reservatório de armazenamento, garantindo assim a boa qualidade das águas pluviais coletadas. Em regiões menos favorecidas, as águas pluviais são utilizadas para beber. Todo esforço deve ser feito para que as águas pluviais que excedem a capacidade do reservatório de armazenamento infiltrem no solo, o que ajuda no controle das enchentes e restabelece o equilíbrio hídrico da região.

A figura 2 ilustra um sistema de aproveitamento de água de chuva convencional.

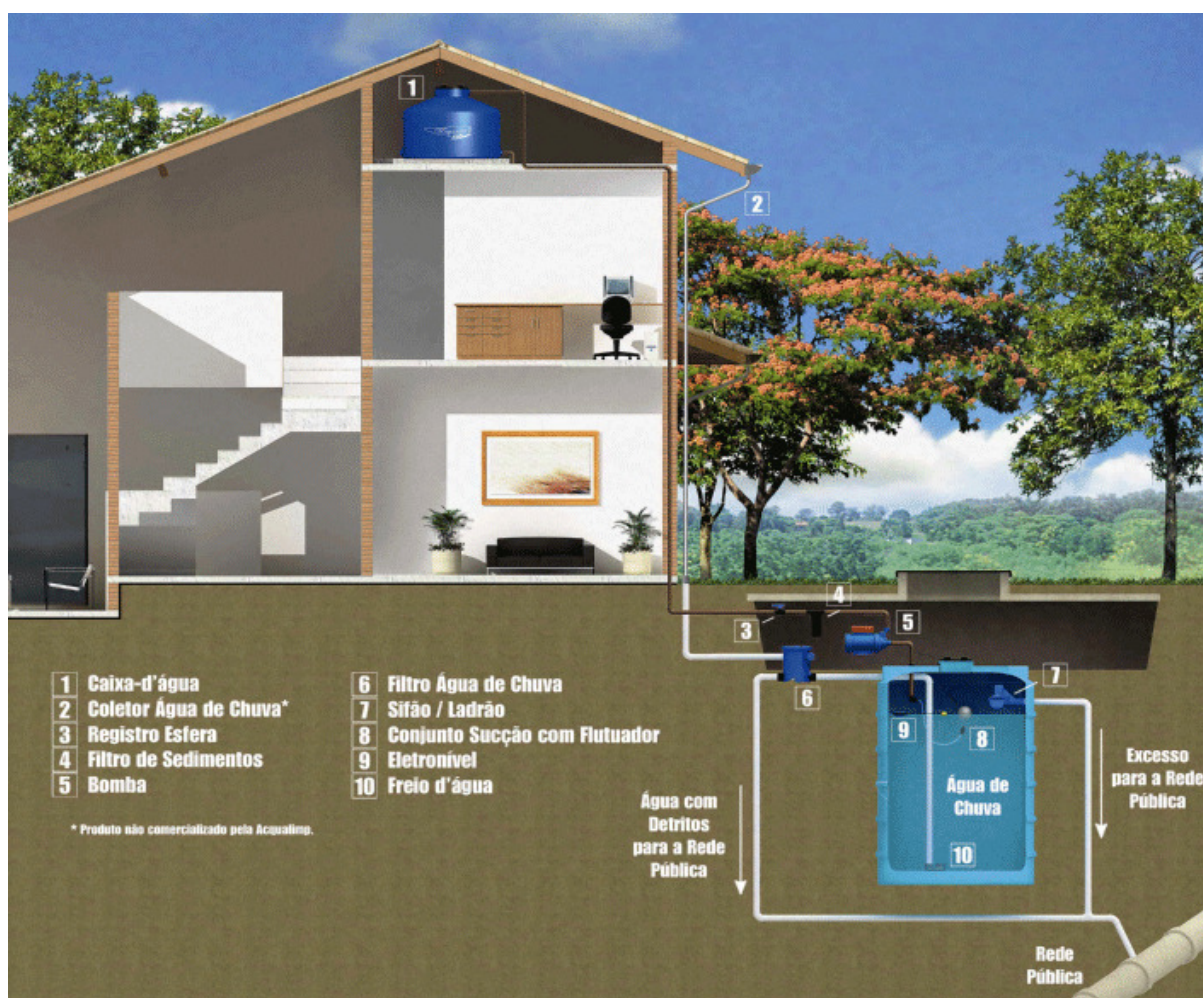


FIGURA 2 – SISTEMA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA RESIDENCIAL (ACQUASAVE, 2008).

4.6.2 Técnicas básicas para utilização das águas pluviais em edifícios

Se os moradores concordarem, as águas pluviais que escoam pelos condutores verticais do edifício poderiam ser utilizadas e compartilhadas pelos moradores. Com a aprovação de todos as águas pluviais coletadas dos telhados podem ser armazenadas em um reservatório na cobertura do edifício, sendo conduzidas então, para cada apartamento, a partir do mais elevado. Os apartamentos de um mesmo andar podem utilizar as águas pluviais em turnos.

Mesmo em edifícios já existentes, é relativamente fácil utilizar as águas pluviais para fins comuns, tais como a lavagem de carros, limpeza das áreas de armazenamento do lixo, limpeza das áreas comuns, e para regar o jardim. Para estes propósitos, é sensato coletar as águas pluviais dos condutores verticais da edificação e, armazená-las num reservatório próximo ao local da utilização.

4.6.3 Usos industriais

Em áreas de maior porte, aproveitar a água de chuva é unir os benefícios ecológicos aos econômicos. A água pode ser usada para resfriar equipamentos e máquinas, em serviços de limpeza, para descarga de banheiros, no reservatório contra incêndio, irrigação de áreas verdes. Nos dias de chuva intensa, as cisternas podem funcionar como "buffers" (áreas de contenção), diminuindo ou até evitando alagamentos e a sobrecarga da rede pluvial (ACQUASAVE, 2008).

A figura 3 a seguir mostra um sistema de aproveitamento de água de chuva implantado em uma indústria.

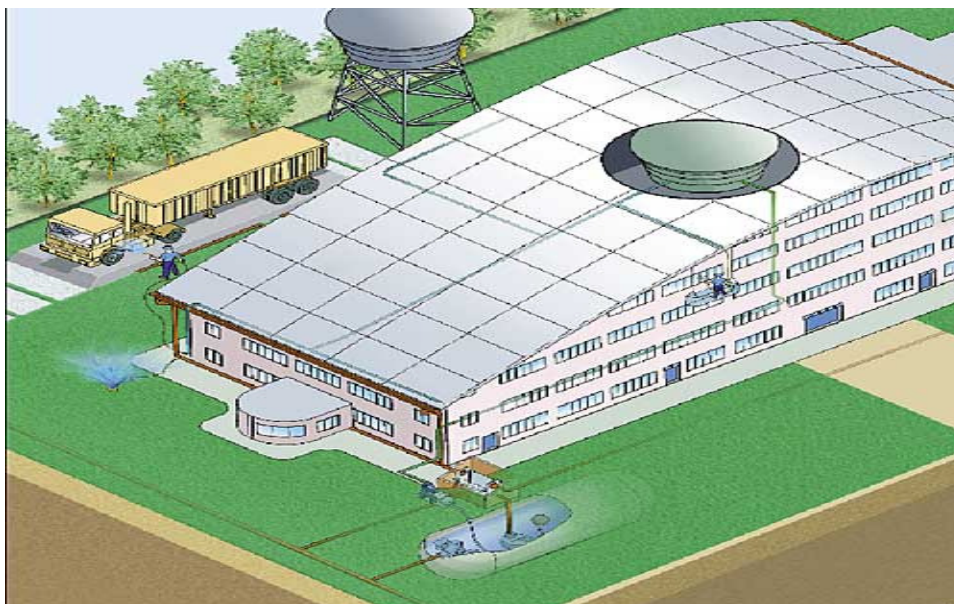


FIGURA 3 – SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL INDUSTRIAL (ACQUASAVE, 2008).

4.6.4 Descarte das águas pluviais iniciais

A composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de

chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora.

Próximo ao oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais as encontradas na água do mar. Distante da costa, os elementos presentes são de origem terrestre: partículas de solo que podem conter sílica, alumínio e ferro, por exemplo, e elementos cuja emissão é de origem biológica, como o nitrogênio, fósforo e enxofre.

Em áreas como centros urbanos e pólos industriais, passam a ser encontradas alterações nas concentrações naturais da água da chuva devido a poluentes do ar, como o dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) ou ainda chumbo, zinco e outros.

A reação de certos gases na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, com a chuva, forma ácidos que diminuem o pH da água da chuva. Se tivermos água destilada, o pH é de 5,6.

Pode-se dizer, portanto, que o pH da chuva é sempre ácido, e o que se verifica é que, mesmo em regiões inalteradas, encontra-se pH ao redor de 5,0. Em regiões poluídas, pode-se chegar a valores como 3,5 quando há o fenômeno da “chuva ácida”. Em Porto Alegre, já foi relatada chuva com pH inferior a 4,0.

A região do Brasil do estado do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul é considerada área com problemas potenciais para chuvas ácidas (ONU, 1995).

No aproveitamento da água de chuva são usados os telhados e dependendo dos materiais utilizados em sua confecção, a contaminação poderá ser ainda maior. Exemplos de contaminantes são: fezes de passarinhos, fezes de ratos e outros animais, bem como poeiras, folhas de árvores, revestimento do telhado, fibrocimento, tintas, etc.

As fezes das aves e outros animais podem trazer problemas de contaminação por bactérias e de parasitas gastrointestinais. Por este motivo, é aconselhável que a água de lavagem dos telhados, isto é, a primeira água, seja desprezada.

Em geral, a água de chuva é mole, sendo ótima para ser usada em processos industriais. Além disso, a água de chuva também é ótima para irrigação e utilização em piscinas.

Os telhados melhores quanto ao aspecto bacteriológico são pela ordem: metálico, fibrocimento, plásticos e telhas cerâmicas.

O volume de água que deve ser rejeitado do primeiro fluxo de água depende do tipo de material do telhado e da quantidade de contaminação. Como regra prática, de acordo com TOMAZ (2003), é aconselhável que os primeiros 1mm a 2mm de chuva devem ser rejeitados, pois apresentam uma grande quantidade de bactérias.

As figuras 4 e 5 a seguir ilustram um sistema utilizado para se descartar as águas pluviais iniciais.

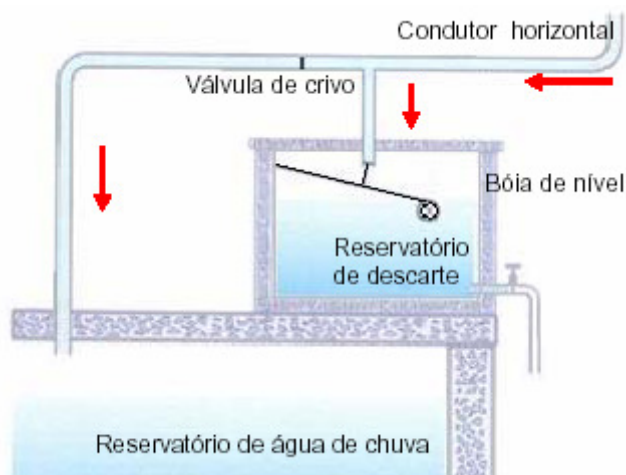


FIGURA 4 – SISTEMA DE DESCARTE DO PRIMEIRO FLUXO DE ÁGUA (PROSAB, 2006).

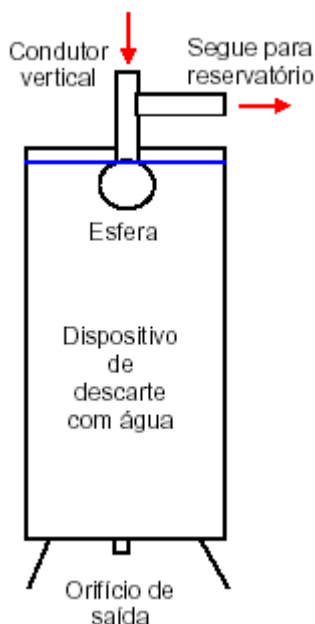


FIGURA 5 – DISPOSITIVO DE DESCARTE DO PRIMEIRO FLUXO DE ÁGUA (PROSAB, 2006).

4.6.5 Potencial de aproveitamento das precipitações

Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Para isto, usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de runoff, que é o quociente entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada. Usa-se a letra C para o coeficiente de runoff.

De acordo com a bibliografia consultada os coeficientes vão de 0,67 a 0,90. Por exemplo, na Flórida se adota $C = 0,67$ e na Austrália $C = 0,80$.

Portanto, a perda de água de chuva que irá ser considerada é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras. A tabela 7 a seguir mostra alguns valores médios para o coeficiente de escoamento superficial.

TABELA 7 – COEFICIENTES DE RUNOFF MÉDIOS

Coeficientes de runoff médios	
Telhado de captação	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

FONTE: HOFKES E FRASIER (1996)

4.7 SISTEMAS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Os sistemas para uso doméstico são, basicamente, constituídos pelos mesmos elementos dos sistemas com outros destinos, sendo composto por uma superfície de retenção, condutores e um reservatório. A diferença está nas tecnologias aplicadas em cada elemento e nas possibilidades e especificidades geradas por elas.

Estas tecnologias e especialidades referem-se a componentes que formam ou são adicionados ao sistema de maneira a habilitá-lo para uso doméstico. Neste sentido o Texas Water Development Board, divide o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva para fins domésticos em alguns componentes básicos:

- ✓ Área de captação ou telhado: superfície sobre a qual cai a chuva;
- ✓ Calhas e tubos de queda: canais de transporte da água do telhado até o reservatório;
- ✓ Tela horizontal e lavador de telhado: sistemas que removem contaminantes e restos;
- ✓ Cisterna ou reservatório: lugar onde é reservada a água coletada;
- ✓ Tubulações: distribuem a água da chuva, do reservatório para o consumo, podendo funcionar por bombeamento ou gravidade;
- ✓ Tratamento: equipamentos, filtros e aditivos para filtrar e desinfetar a água.

Estando relacionado aos componentes e instalações apresentados acima a qualidade da água de chuva coletada depende diretamente das instalações para coleta e das técnicas para implantação utilizadas. Um sistema adequadamente projetado e executado dentro de padrões técnicos, segundo o mesmo autor, pode perfeitamente suprir de água as demandas não potáveis, como por exemplo, a descarga da bacia sanitária do banheiro, a lavagem de roupa, a rega de jardins, lavagem de automóveis, limpeza de casa, atividades de diluição.

Os sistemas de captação, tratamento, armazenamento e utilização da água da chuva são executados com pequenas diferenças em relação aos métodos convencionais de abastecimento de água e descarte de água da chuva. Tanto nas novas edificações quanto naquelas que passarem por reformas, implantar um sistema de aproveitamento da água da chuva significa intervir nos sistemas convencionais substituindo ou acrescentando canalizações, conexões e registros.

A água da chuva que alcança a cobertura, os terraços e varandas, ao invés de ser direcionada para a rede coletora de águas pluviais, é utilizada na edificação juntamente com a água tratada.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) sugere que a água da chuva seja usada somente para fins não potáveis (vasos sanitários, lavagem de roupas, irrigação e lavagem de veículos, máquinas e pisos). Assim, também será utilizada na edificação água tratada para fins potáveis. Estes dois sistemas devem ser independentes e isolados, para que o primeiro não

interfira na potabilidade do segundo. E para o correto dimensionamento de ambos os sistemas, deve-se identificar o consumo de água nos equipamentos da edificação. Deve-se prever, para situações de falta de chuva, uma forma adequada de passagem de água tratada para o sistema não potável, para que não ocorra falta de água nos pontos de consumo e nem se prejudique a característica potável da água tratada.

Para tornar a água de chuva adequada ao consumo humano (beber, cozinhar, lavar-se e limpeza de utensílios), deve-se tratá-la até que sejam alcançados os níveis de potabilidade requeridos pela legislação, além de se evitar as águas de pisos e varandas.

Contudo, por mais que se proceda ao tratamento da água da chuva e se torne independente do sistema público de abastecimento, nas localidades onde a água canalizada e tratada está à porta de casa, convém que se tenha toda a sistemática necessária para o consumo desta água na edificação. Assim, na ocorrência de situações de emergência em que a água de chuva venha a faltar (estiagens, por exemplo), os usuários terão a liberdade de optar pelo uso de outra fonte de água disponível.

4.7.1 Área de captação

Como já visto, as áreas de captação de água de chuva podem ser as mais variáveis possíveis como:

- ✓ Telhados (prédios, casas, estádios, etc.);
- ✓ Solo (encostas), Áreas verdes (praças, jardins, etc.);
- ✓ Quadras esportivas, toldos em barcos;
- ✓ Ruas, Estradas, Calçadas, Estacionamentos.

As superfícies de cobertura, ou seja, os telhados que são comumente mais usadas são de melhor qualidade, pois quase não há trânsito de pessoas e animais, além de ser de fácil captação e armazenamento, pois na maioria dos casos a água chega ao reservatório ou cisterna por gravidade.

A figura 6 a seguir mostra as etapas necessárias para a captação da água de chuva em sistema convencional.

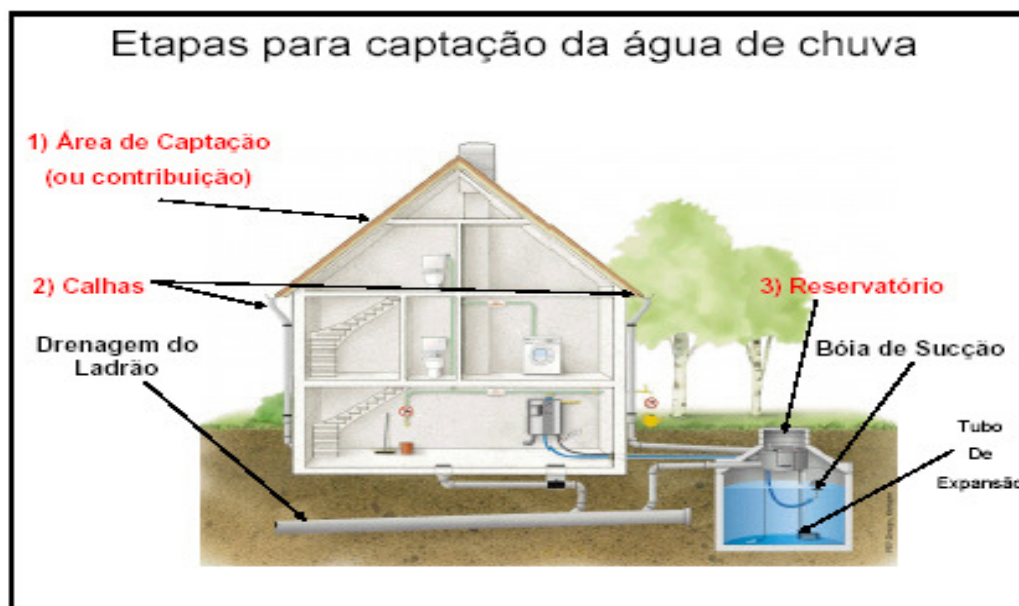


FIGURA 6 – CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA (COMPONENTES) EM UMA RESIDÊNCIA (ACQUASAVE, 2008).

Os telhados podem ter como sua superfície de cobertura os mais diferentes tipos de materiais:

- ✓ Laje de Concreto Impermeabilizado;
- ✓ Azulejos;
- ✓ Madeira, palha ou bambu;
- ✓ Lona/vinil;
- ✓ Telhado com cobertura vegetal;
- ✓ Telhas de Fibrocimento;
- ✓ Telhas de Fibra Vegetal;
- ✓ Telhas de Aço Galvanizado;
- ✓ Telhas de Alumínio;
- ✓ Telhas de Cerâmica;
- ✓ Telhas de Concreto;
- ✓ Telhas de Fibra de Vidro;
- ✓ Telhas de PVC;
- ✓ Telhas de Polipropileno;

Alguns cuidados com a área de captação devem ser observados, como por exemplo:

- ✓ Os materiais das superfícies da área de captação devem ser não tóxicos e não devem conter substâncias que prejudiquem a qualidade da água. Por exemplo, devem ser evitados telhados de amiantos; pintura ou cobertura nas superfícies de captação também deve ser evitada, se possível. Se o uso de pintura ou cobertura é inevitável, só pintura e coberturas não tóxicas devem ser usadas; devem ser evitados chumbo, cromo, e tintas e coberturas a base de zinco.
- ✓ A área de captação e dispositivos de coleta devem ser limpos regularmente para remover pó, folhas e excrementos de pássaros para minimizar contaminação bacteriana e manter a qualidade de água coletada.

- ✓ Telhados também devem ser protegidos das árvores para evitar a queda de folhas e galhos, e para que pássaros e animais não defequem nos telhados.

Os telhados de abrigos e garagens podem ser utilizados, assim como das marquises, sacadas, e toldos, aumentando a área de coleta. Quanto maior for a área de coleta, maiores os benefícios que ela poderá proporcionar.

Se a área coberta não é suficiente, pode-se coletar a água de outros pontos próximos, como por exemplo, coletar as águas pluviais que escorrem pelas paredes das casas. Alguns lugares como ilhas isoladas, com pouca fonte de água, coletam as águas pluviais em encostas de montanhas cobertas por uma camada de concreto.

4.7.2 Calhas, tubos de queda e complementos

Nas calhas, ou nos tubos condutores da água até a cisterna, se faz necessário a inclusão de barreiras à passagem de poluentes maiores. É conveniente colocar telas ao longo das calhas como uma das soluções para este problema, no entanto, deve-se garantir uma manutenção periódica por causa da possibilidade de entupimento pelo acúmulo de sujeira. A figura 7 demonstra uma calha coberta por uma tela horizontal que funciona bem, mas gera uma lavagem da sujeira retida, conduzindo água suja diretamente para o reservatório.



FIGURA 7 – TELA HORIZONTAL COLOCADA JUNTO À CALHA PARA RETER POLUENTES MAIORES (MACOMBER, 2001).

Outro problema, não menos importante, é a sujeira menor. Para tanto existem os sistemas de lavagem de telhado, ou “first-flush diverters” que consistem em um aparato que descarta as primeiras águas da chuva, que lavam o telhado e carregam grande quantidade de poluentes.

4.7.3 Cisterna ou reservatório

A melhor forma de armazenamento é a cisterna subterrânea. Sem luz e calor, retarda-se a ação das bactérias. Em geral, qualquer material impermeável e não tóxico pode ser usado: fibra de vidro, tanques de polietileno, aço inox, concreto entre outros. As cisternas maiores são normalmente feitas de concreto que ainda têm a vantagem de neutralizar a acidez da água da chuva.

Para a preservação da qualidade das águas, são necessários alguns cuidados:

- ✓ Dispor as cisternas o mais próximo possível dos pontos de uso;
- ✓ Construir os reservatórios distantes de fossas e esgotos, corretamente impermeabilizados, evitando a contaminação por infiltrações;
- ✓ Evitar o surgimento de rachaduras nas paredes dos reservatórios;
- ✓ Evitar a entrada de detritos, poeiras ou águas contaminadas, seja por aberturas, frestas ou infiltrações;
- ✓ Evitar a incidência de luz na água, o que propicia a proliferação de algas. Se necessário, devem ser opacas ou pintadas por fora;
- ✓ Em sistemas potáveis, as cisternas nunca deverão ter sido usadas para armazenar materiais tóxicos;
- ✓ Usar de tampas adequadas para a vedação;
- ✓ Permitir a reoxigenação da água através de extravasor e ventilação, porém evitando a entrada de animais e insetos;
- ✓ Evitar o uso de cordas, latas e baldes para retirada da água. A água deve ser retirada preferencialmente por tubulação;
- ✓ Não se deve ter contato direto com a água da cisterna;
- ✓ Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano;
- ✓ Ser acessíveis para manutenção e limpeza, feitas com regularidade;
- ✓ O reservatório quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água potável, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada;
- ✓ Devem ser considerados no projeto: extravasor, descarga de fundo, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

Apesar das cisternas enterradas serem consideradas mais adequadas e apresentarem um custo em torno de 50% inferior, 80% dos usuários afirmam preferir as cisternas apoiadas. Um resumo das vantagens e desvantagens das cisternas enterradas e apoiadas é mostrado na Tabela 8:

TABELA 8 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CISTERNAS ENTERRADAS E APOIADAS

	Vantagens	Desvantagens
Cisterna Apoiadas	<ul style="list-style-type: none"> - Por estar fora do solo facilita inspeções de rachaduras e vazamentos; - Facilidade e maior variedade de opções de materiais e tecnologias; - Fácil construção em materiais tradicionais; - Pode ser levantado acima do nível do solo, permite abastecimento por gravidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente de custo mais elevadas; - Requer espaço para implantação; - Mais facilmente estragável; - Mais sujeito a ação do clima;
Cisterna Enterradas	<ul style="list-style-type: none"> - Requer menor ou nenhum espaço acima do solo desobstruindo-o; - Geralmente os custos são menores; - Permite menor espessura das paredes pois o solo auxilia na estruturação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rachaduras e vazamentos são mais difíceis de detectar; - Raízes de árvores podem danificar a estrutura; - Atenção ao trânsito de veículos pesados; - Contaminação do reservatório pelas águas subterrâneas é mais comum; - A extração da água é mais problemática, frequentemente necessitando de bombeamento.

FONTE: WARWICK (1999)

Entre os tipos diferentes de cisternas usadas para resolver o problema da água potável em áreas rurais do nordeste brasileiro, a cisterna de placa de concreto com tela de arame (ferrocimento), fortificada com arame galvanizado e rebocada por dentro e por fora, tem sido a mais construída.

No entanto, a aderência entre as placas de concreto algumas vezes pode ser fraca resultando em rachaduras por onde a água pode vazar. Por esta razão, a cisterna de concreto com tela de arame (Figura 8), que utiliza uma fôrma durante a primeira fase de construção, pode vir a ser o modelo mais apropriado para a região.

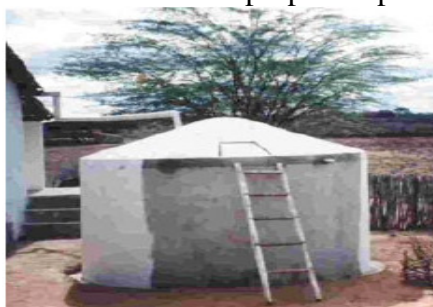


FIGURA 8 – CISTERNA DE CONCRETO COM TELA DE ARAME (GNADLINGER, 1999).

Outro tipo de cisterna que também pode ser utilizada no semi-árido brasileiro é a cisterna enterrada feita de tijolos e argamassa de cal (Figura 9). Esta cisterna fica

praticamente enterrada na sua totalidade e utiliza a técnica conhecida pelos agricultores para construir fornos de carvão.



FIGURA 9 – CISTERNA ENTERRADA DE TIJOLO E CAL (GNADLINGER, 1999).

Tanques metálicos também podem ser encontrados em várias partes do mundo (Figura 10). A vantagem dos tanques metálicos está no fato de poderem ser levados até o local e montados em um curto espaço de tempo por uma pessoa especializada. Também não requerem que seja feita uma fundação extremamente firme porque a estrutura metálica já oferece o suporte necessário.



FIGURA 10 – TANQUE METÁLICO EM ÁREA RURAL (DTU, 2003).

As cisternas mais modernas são confeccionadas em uma única peça, sendo, portanto mais estanques e higiênicas (Figura 11). Estas cisternas têm função dupla: uma parte da água fica armazenada para ser utilizada posteriormente e outra parte da cisterna funciona como “buffer”, liberando a água da chuva em uma vazão controlada após o término da precipitação. Na entrada da cisterna sugere-se a colocação de um “freio d’água”, para não agitar a água armazenada, prejudicando o processo de sedimentação.

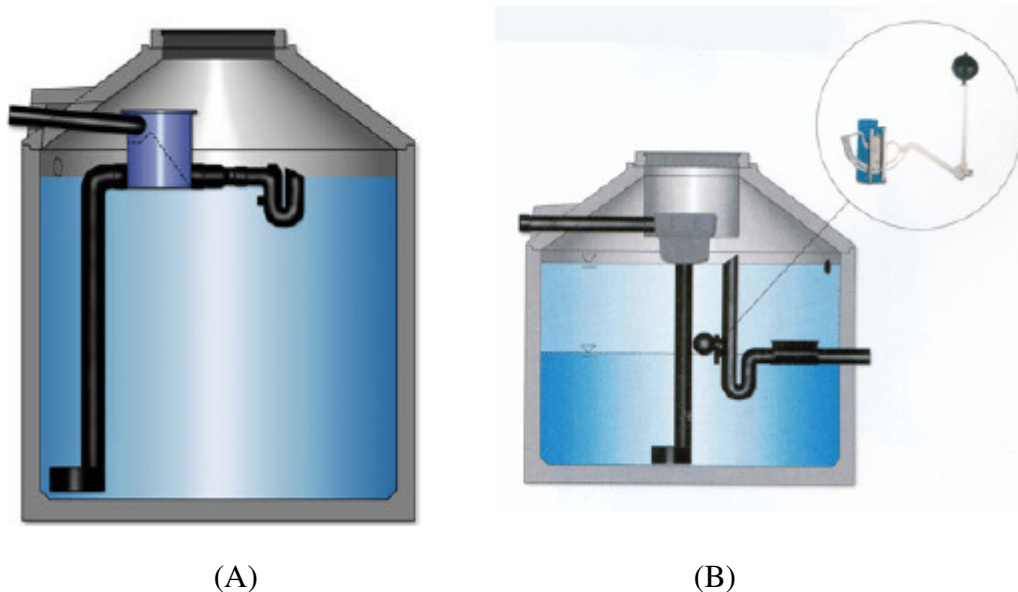


FIGURA 11 – CISTERNA SIMPLES (A) E CISTERNA COM RESERVATÓRIO DUPLO PARA ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO DA CHUVA (B) (3PTECHNIK, 2002).

A Metalúrgica Cacupé lançou no mercado um novo modelo de cisterna enterrável (Figura 12). A cisterna é feita em polietileno, com grande resistência e baixo peso. O modelo para cinco mil litros pesa apenas 230 quilos e pode ser assentado diretamente no solo.



FIGURA 12 – CISTERNA ENTERRÁVEL (CACUPÉ, 2003).

Em Oregon, província localizada no oeste dos Estados Unidos é utilizada cisternas plásticas para armazenar a água da chuva (Figura 13). O método utilizado para a desinfecção da água é através de luz ultravioleta com capacidade para esterilizar cerca de 38 L/min. O sistema também conta com filtros, bomba para elevar a água e um equipamento redutor de pressão para evitar que a água de chuva entre em contato com a rede de distribuição.

Outro exemplo de utilização de tanques de plástico é a Alemanha. Os tanques de plástico são muito comuns em países desenvolvidos e estão em crescente desenvolvimento, competindo com materiais mais tradicionais como o cimento ou metal.



FIGURA 13 – CISTERNA PLÁSTICA UTILIZADA EM OREGON (DTU, 2003).

Existe uma outra técnica de aproveitamento de água de chuva que é mais simplificada e consiste simplesmente na colocação de um barril, que pode ser plástico ou metálico, na descida das calhas que coletam a água do telhado (Figura 14). Este barril fica apoiado sobre o solo e possui uma torneira por onde é retirada a água. O barril é de fácil instalação e já vem com saídas para regadores, mangueiras, e sistema que impede a abertura por crianças.



FIGURA 14 – BARRIS UTILIZADOS PARA ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA (DTU, 2003).

Também se pode aproveitar o momento da construção da edificação, ou mesmo posterior a esta fase, e proceder à construção de caixas d'água ou cisternas de concreto. Para estas não há limitações quanto à localização ou tamanho, podendo ser enterradas, dispostas sobre o solo ou fazer parte das edificações. Mas deve-se estar atento para evitar infiltrações decorrentes de rachaduras, provocadas tanto por fundações, execuções ou manutenções inadequadas, que podem ser facilmente reparadas. Portanto, recomenda-se o desenvolvimento de projeto estrutural para sua construção, elaborado por profissional qualificado para tal, considerando as cargas resultantes da pressão da água, do solo (quando

enterradas) e dos ventos (castelos d'água ou torres com caixas d'água no ponto mais alto). Observa-se que uma vantagem possível no uso das cisternas de concreto é haver na água um gosto agradável proveniente da dissolução do cálcio do concreto pela suave acidez da chuva.

No dimensionamento dos reservatórios, tem-se por objetivo principal encontrar, para o reservatório, a capacidade volumétrica que atenda a toda a demanda exigindo o menor custo para sua construção.

O correto dimensionamento dos reservatórios é de vital importância para as edificações onde a chuva seja a única fonte de abastecimento de água. Em edificações servidas por outros sistemas de abastecimento, quando o reservatório secar em períodos de pouca chuva, a água de fontes alternativas poderá ser facilmente direcionada para os pontos originalmente supridos por água da chuva.

Às vezes, ao se estudar a implantação dos sistemas de captação e utilização da água da chuva, pode ocorrer de a edificação estudada possuir limitações físicas, fazendo com que a cisterna tenha dimensões máximas, aquém do mínimo necessário para a auto-suficiência do sistema, ou mesmo influenciando na escolha do tipo de reservatório.

4.7.4 Tratamento

São encontrados no mercado alguns equipamentos destinados à filtragem das águas pluviais, desde a simples separação de grandes objetos até a retenção de impurezas mínimas. A seguir será caracterizado um sistema comercializado pela empresa 3P Technik, com a característica comum de que apenas procedem à filtragem física da água proveniente dos telhados, sendo instalados na tubulação entre os telhados e o reservatório.

Os filtros produzidos pela 3P Technik no Brasil, atendem a telhados com áreas máximas de 200 m² e 1.500 m², respectivamente. Fabricado em polietileno ou aço inox, com peneira em aço inox e tela de 0,26mm, deve ser instalado na tubulação entre o telhado e a cisterna. Necessita visita para manutenção, que consiste na limpeza do conjunto filtrante. Entrada para dois tubos de 100 mm e saída para um de 100 mm. Permite entrada de água potável como alternativa de suprimento de água.

Os tubos que descem das calhas são conectados nas entradas da água bruta do filtro 3P volumétrico VF1 como pode ser observado na Figura 15. Pode-se usar um lado somente, ou fazer a entrada pelos dois lados. A definição de usar um lado ou os dois é em função da disposição dos canos que descem das calhas. Se a área de telhado for superior a 100m² a conexão deve ser feita pelos dois lados.



FIGURA 15 – 3P FILTRO VOLUMÉTRICO VF1 (3PTECHNIK, 2002).

O filtro funciona da seguinte maneira: a água bruta entra pelas aberturas superiores e é direcionada, passando entre os vãos da cascata. A sujeira mais grossa, como folhas e gravetos, passa por cima dos vãos e vai direto para a galeria pluvial. A água de chuva, já livre das impurezas maiores, passa então por uma tela de aço-inox com malha de 0,26 mm.

O freio d'água na Figura 16 não deixa a água que entra atingir a camada de sedimentação, impedindo que se misture novamente com a água estocada.



FIGURA 16 – FREIO D'ÁGUA (3PTECHNIK, 2002).

4.8 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DAS CISTERNAS DE ÁGUA PLUVIAL

Existem diversos métodos de dimensionamento de reservatório que resultam em distintos volumes. A escolha adequada do método a ser utilizado é fundamental para a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, uma vez que o reservatório é considerado por alguns autores a parte mais onerosa do sistema. É necessário considerar diversos fatores na determinação do método mais adequado como a demanda a ser atendida, área de captação, regime de chuvas da região, entre outros.

A seguir são listados os métodos propostos pela NBR 15527 para o dimensionamento da cisterna de água pluvial.

- ✓ Método da simulação;

- ✓ Método de Rippl;
- ✓ Método prático brasileiro;
- ✓ Método prático alemão;
- ✓ Método prático inglês;
- ✓ Método prático australiano;

A NBR 15527, que está em vigor desde 24 de outubro de 2008, fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Esta norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Em seguida são listados outros métodos para o dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais.

- ✓ Método Monte Carlo;
- ✓ Método ou distribuição de Gumbel;
- ✓ Método iterativo.

5 METODOLOGIA

5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

A preparação do presente trabalho teve início com a leitura da norma da ABNT sobre aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Em seguida foi feita uma revisão bibliográfica sobre o assunto em questão.

A metodologia apresentada aqui oferece base para alcançar os objetivos propostos neste trabalho. Para tanto foi necessário o levantamento e adoção de alguns dados para a realização das simulações com os métodos propostos pela ABNT para o dimensionamento do volume do reservatório de águas pluviais.

As simulações foram feitas em regiões distintas no estado de Santa Catarina. Procurou-se escolher regiões onde os regimes de chuva fossem diferentes entre si para melhor compreender as variações nos volumes calculados por cada método. Para o presente trabalho foram selecionados os seguintes municípios:

- ✓ Celso Ramos: Localizado no planalto serrano de Santa Catarina (LATITUDE: 27°38'06"S - LONGITUDE: 51°19'55"W - ALTITUDE: 756m). Possui uma precipitação média mensal de 131,3mm e precipitação média anual de 1.575,5mm.
- ✓ Joinville: Localizado no nordeste do estado de Santa Catarina (LATITUDE: 26.15'19"S - LONGITUDE: 48.51'56"W - ALTITUDE: 20m). Possui uma precipitação média mensal de 176,1mm e precipitação média anual de 2.113,2mm.
- ✓ Tubarão: Localizado no sul do estado de Santa Catarina (LATITUDE: 28°28'49"S - LONGITUDE: 49°16'18"W - ALTITUDE: 9m). Possui uma precipitação média mensal de 107,1mm e precipitação média anual de 1.286,1mm.

Feito a escolha das regiões então se tornou necessário determinar a tipologia das edificações, sendo elas colocadas a seguir:

- ✓ Casa urbana;
- ✓ Casa rural;
- ✓ Edifício;
- ✓ Indústria;

Estas tipologias foram adotadas devido às diferentes demandas que cada uma delas exerce sobre o sistema de aproveitamento de água de chuva.

Após a escolha da edificação foram determinadas as demandas mensais para cada tipo de edificação. A demanda calculada é função do uso pretendido de cada edificação. Sendo assim, é efetuado o cálculo da demanda mensal de água não potável para cada edificação em análise.

Para o cálculo da demanda alguns parâmetros são necessários, sendo eles os seguintes:

- ✓ N° pessoas: de acordo com TOMAZ (2003) cada pessoa ocupa a bacia sanitária 04 (quatro) vezes ao dia sendo que a cada descarga são utilizados 10 litros;
- ✓ N° veículos: de acordo com TOMAZ (2003) a frequência de lavagem de carros é de 04 (quatro) vezes ao mês e que o gasto de água seja de 150 litros por lavagem;
- ✓ Área de lavação: de acordo com TOMAZ (2003) para cada 50m² de área de lavação é necessário 1m³ de água por mês;
- ✓ Área de irrigação: de acordo com TOMAZ (2003) se gasta 2 litros / dia / m² para irrigação sendo sua frequência de 12 (doze) vezes ao mês.

Foram adotadas para este trabalho as seguintes informações para as edificações:

- ✓ Casa urbana: 04 (quatro) habitantes, 03 (três) carros, 140m² de área para lavação e área de captação de 150m²;
- ✓ Casa rural: 06 (seis) habitantes, 04 (quatro) carros, 250m² de área para irrigação, 120m² de área para lavação e área de captação de 250m²;
- ✓ Edifício: 04 (quatro) pavimentos com 02 (dois) apartamentos por andar resultando em uma população de 32 (trinta e dois) habitantes, 200m² de área para lavação e área de captação 380m²;
- ✓ Indústria: 35 (trinta e cinco) pessoas, 1.000m² de área para lavação, 05 (cinco) carros e área de captação de 1.000m².

Determinado a demanda mensal das edificações faz-se necessário conhecer os dados pluviométricos de todas as regiões analisadas. Estes dados foram adquiridos junto a EPAGRI/CIRÂM.

Necessitou-se também adotar outros parâmetros para as simulações, sendo eles citados a seguir:

- ✓ Coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de Runoff): de acordo com TOMAZ (2003) o melhor valor a ser adotado como coeficiente de Runoff é de 0,80. Sendo assim este valor foi utilizado em todas as simulações;
- ✓ Perdas: de acordo com ABNT (2007) interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2mm;
- ✓ Descarte das águas pluviais iniciais: de acordo com TOMAZ (2003) é aconselhável que os primeiros 1mm a 2mm de chuva devem ser rejeitados, pois apresentam uma grande quantidade de bactérias. Foi adotado para este trabalho um descarte de 2mm de água de chuva inicial.

5.2 SIMULAÇÕES

Para se realizar as simulações com os métodos propostos pela NBR 15527 foi utilizado o software Excel®. Então foi feito uma planilha eletrônica para cada tipo de edificação e região do estado de Santa Catarina. Para cada planilha eletrônica foram simulados todos os métodos propostos pela NBR 15527 para o dimensionamento da cisterna de água pluvial.

Para a realização das simulações alguns dados de entrada são necessários. Estes dados foram utilizados por todos os métodos. A figura 17 ilustra os dados de entrada necessários para as simulações.

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	
Localidade:	
N° Pessoas:	
N° Carros:	
Área de Irrigação (m2):	
Área de Lavação (m2):	
Precipitação Média Anual (mm):	
Precipitação Média Mensal (mm):	
Área de Captação (m2):	
Coeficiente de Escoamento Superficial:	
Demanda (litros/mês):	
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	
Perdas (mm):	

FIGURA 17 – DADOS DE ENTRADA

A seguir estão colocadas as planilhas elaboradas para a realização das simulações.

5.2.1 Método Rippl

A figura 18 mostra a planilha eletrônica onde ocorrem os cálculos para a obtenção do volume do reservatório de águas pluviais a partir do método de Rippl.

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Valores Positivos da Coluna 6 (m3)
Jan.						
Fev.						
Mar.						
Abr.						
Mai.						
Jun.						
Jul.						
Ago.						
Set.						
Out.						
Nov.						
Dez.						

FIGURA 18 – PLANILHA ELETRÔNICA (MÉTODO RIPPL)

Mês (coluna 01): é o período de tempo que vai de janeiro a dezembro;

Precipitação média mensal (coluna 02): nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros dos municípios escolhidos para a realização das simulações;

Demanda mensal (coluna 03): é o consumo mensal em metros cúbicos de água pluvial. Como visto anteriormente é função do número de pessoas, carros, área de irrigação e lavação.

Área de captação (coluna 04): é a área de captação da água de chuva que é suposta constante durante o ano. A área de captação é fornecida em metros quadrados e é projeção

do telhado sobre o terreno. Como visto anteriormente cada edificação possui dimensões diferentes entre si;

Volume de chuva mensal (coluna 05): nesta coluna, estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 02 pela coluna 04 e pelo coeficiente de escoamento superficial (0,80) e dividindo-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

Demanda mensal – volume de chuva mensal (coluna 06): nesta coluna estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É, na prática, a coluna 03 menos a coluna 05. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível;

Valores positivos da coluna 6 (coluna 07): nesta coluna estão apenas os valores positivos da coluna 06. Para preencher esta coluna, foi admitido a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não foram computados, pois correspondem a meses em que há excesso de água de chuva. O volume do reservatório para regularizar a demanda constante é o somatório da coluna 07.

Por fim o volume do reservatório é mostrado fazendo-se o somatório de toda a coluna 07.

5.2.2 Método da simulação

Para início da simulação é preciso se estimar um valor para o reservatório. Para este método deve-se considerar o reservatório cheio no início do ano.

Feito a adoção do volume do reservatório então se começa a simulação do reservatório com o volume pré-estabelecido através da planilha eletrônica a seguir.

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.					
Fev.					
Mar.					
Abr.					
Mai.					
Jun.					
Jul.					
Ago.					
Set.					
Out.					
Nov.					
Dez.					

FIGURA 19 – PLANILHA ELETRÔNICA (MÉTODO SIMULAÇÃO)

Mês (coluna 01): é o período de tempo que vai de janeiro a dezembro;

Precipitação média mensal (coluna 02): nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros dos municípios escolhidos para a realização das simulações;

Demanda mensal (coluna 03): é o consumo mensal em metros cúbicos de água pluvial. Como visto anteriormente é função do número de pessoas, carros, área de irrigação e lavação.

Volume de chuva mensal (coluna 04): nesta coluna, estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 02 pela área de captação e pelo coeficiente de escoamento superficial (0,80) e dividindo-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

Volume de água no reservatório no tempo t (coluna 05): nesta coluna estão os valores do volume de água pluvial no tanque no final do mês. Para o primeiro mês este valor é obtido através da soma do volume de chuva mensal do primeiro mês com o valor do volume atribuído ao reservatório de águas pluviais e posteriormente diminui-se a demanda. Para o mês seguinte e demais meses este valor é calculado somando-se o volume de chuva mensal com o volume do reservatório do mês seguinte e posteriormente diminui-se a demanda.

Volume real de água no reservatório (coluna 06): este é o valor real de água pluvial no reservatório de águas pluviais no final do mês. Isso por que se o valor da coluna 05 for maior que o volume pré-estabelecido este valor não foi computado, pois irá ocorrer um excesso de água pluvial ficando apenas o valor do volume do reservatório.

O volume escolhido foi aquele que apresentou o menor volume, mas apresentando uma autonomia ao sistema, ou seja, que não deixe o sistema de aproveitamento de água de chuva sem água.

5.2.3 Método prático brasileiro

A fórmula para o cálculo do volume do reservatório de águas pluviais é a que se segue:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros;

P é a precipitação média anual, em milímetros;

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A é a área de coleta em projeção, em metros quadrados.

Então através dos dados de entrada e da fórmula para o cálculo no final da planilha deste método aparece o volume do reservatório de águas pluviais em litros e em metros cúbicos.

5.2.4 Método prático alemão

A seguir é colocada a fórmula para a obtenção do volume do reservatório através do método prático alemão.

$$\text{Vadotado} = \text{mín}(V; D) \times 0,06$$

Onde:

Vadotado é o volume de água do reservatório, em litros;

V é o volume aproveitável de água de chuva anual, em litros;

D é a demanda anual da água não potável, em litros.

O método prático alemão trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

Neste trabalho tomou-se para o cálculo do volume do reservatório de águas pluviais 6% da demanda anual da água não potável que é calculado tomando-se a demanda mensal e multiplicando por 12 (doze) para se obter a demanda anual de água não potável. Em seguida multiplica-se a demanda anual de água de chuva por 0,06 obtendo-se então o volume do reservatório.

Este volume é explicitado em litros e em metros cúbicos no final da planilha eletrônica.

5.2.5 Método prático inglês

A fórmula para o cálculo do reservatório é a que se segue.

$$\text{Vadotado} = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros;

A é a área de coleta em projeção, em metros quadrados;

Vadotado é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

Feito o desenvolvimento da fórmula do método prático inglês o volume é apresentado em litros e em metros cúbicos no final da planilha eletrônica.

5.2.6 Método prático australiano

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório. A adoção de tal volume para o reservatório deve ser feita no início do cálculo.

Depois de feito a adoção do volume do reservatório começa-se a verificação. Esta verificação é feita para se observar se o volume do reservatório adotado consegue regularizar uma demanda constante, ou seja, que ele consiga fornecer ao sistema uma autonomia suficiente para suprir a demanda mesmo nos meses de pouca chuva.

Esta verificação é mostrada na planilha a seguir.

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.						
Fev.						
Mar.						
Abr.						
Mai.						
Jun.						
Jul.						
Ago.						
Set.						
Out.						
Nov.						
Dez.						

FIGURA 20 – PLANILHA ELETRÔNICA (MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO)

Mês (coluna 01): é o período de tempo que vai de janeiro a dezembro;

Precipitação média mensal (coluna 02): nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros dos municípios escolhidos para a realização das simulações;

Demanda mensal (coluna 03): é o consumo mensal em metros cúbicos de água pluvial. Como visto anteriormente é função do número de pessoas, carros, área de irrigação e lavação.

Área de captação (coluna 04): é a área de captação da água de chuva que é suposta constante durante o ano. A área de captação é fornecida em metros quadrados e é projeção do telhado sobre o terreno. Como visto anteriormente cada edificação possui dimensões diferentes entre si;

Volume de chuva mensal (coluna 05): nesta coluna, estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 02 com a coluna 04 e com o coeficiente de escoamento superficial (0,80) e com a subtração entre a coluna 02 com as perdas pré-estabelecidas. Posteriormente divide-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

Volume de água no tanque no fim do mês (coluna 06): nesta coluna estão os valores do volume de água pluvial no tanque no final do mês. Para o primeiro mês este valor é obtido através da subtração do volume de chuva mensal do primeiro mês com a demanda. Isto por que para o método prático australiano considera-se o reservatório vazio para o primeiro mês. Para o mês seguinte e demais meses este valor é calculado somando-se o volume de chuva mensal com o volume do reservatório do mês seguinte e posteriormente diminui-se a demanda.

Volume real de água no tanque no fim do mês (coluna 07): este é o valor real de água pluvial no reservatório de águas pluviais no final do mês. Isso por que se o valor da coluna 06 for maior que o volume pré-estabelecido este valor não foi computado, pois irá ocorrer um excesso de água pluvial ficando apenas o valor do volume do reservatório.

Depois de feito os cálculos através da planilha eletrônica do método prático australiano para a verificação do volume mais conveniente é feito um cálculo para verificar a confiança do resultado. Para este cálculo necessita-se calcular anteriormente a falha sendo esta calculada através da seguinte fórmula.

$$Pr = Nr / N$$

Onde:

Pr é falha;

Nr é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando o volume de água no fim do mês é zero;

N é o número de meses considerado, neste caso 12 (doze) meses.

A confiança é calculada como se segue.

Confiança = $(1 - Pr)$

É recomendado que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

O volume que foi tomado como ideal para o método prático australiano foi aquele que apresentou o menor volume, mas nunca deixando o sistema sem água para suprir a demanda.

Após todas as simulações com todos os métodos é gerado um gráfico no software Excel® mostrando os volumes de cada método.

5.3 VERIFICAÇÃO

Para se fazer uma verificação de cada volume calculado para cada método foi criado um roteiro de cálculo para verificar se tais volumes irão conseguir dar uma autonomia anual ao sistema, ou seja, permitir que o sistema ultrapasse os piores meses de estiagem sem faltar água no sistema de aproveitamento de água de chuva.

Para verificação utilizam-se os mesmos dados de entrada utilizados nas simulações. Com os dados de entrada necessários é feita a verificação através da planilha eletrônica que se segue para cada método utilizado nas simulações. Para esta verificação são utilizados os volumes calculados nas simulações, pois o cálculo da verificação considera que o reservatório esteja cheio no início da operação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Entrada (m3)	Entrada-Demanda (m3)	Volume de Água no Tanque no Final do mês (m3)
Jan.				
Fev.				
Mar.				
Abr.				
Mai.				
Jun.				
Jul.				
Ago.				
Set.				
Out.				
Nov.				
Dez.				
N° Meses que o Reservatório não atendeu a Demanda:				0

FIGURA 21 – PLANILHA ELETRÔNICA (VERIFICAÇÃO)

Mês (coluna 01): é o período de tempo que vai de janeiro a dezembro;

Precipitação média mensal (coluna 02): nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros dos municípios escolhidos para a realização das simulações;

Entrada (coluna 03): nesta coluna, estão colocados os volumes mensais de água que realmente a edificação consegue captar para o sistema de aproveitamento de água de chuva.

É obtido multiplicando-se a coluna 02 com a área de captação e com o coeficiente de escoamento superficial (0,80) e com a subtração entre a coluna 02 com as perdas pré-estabelecidas. Posteriormente divide-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos;

Entrada – demanda (coluna 04): é a subtração de tudo aquilo que a edificação conseguiu captar para o sistema de aproveitamento de água de chuva com a demanda mensal da edificação. Para o cálculo no primeiro mês soma-se a entrada (coluna 03) com o volume do reservatório já calculado anteriormente para cada método e subtrai-se da demanda mensal em metros cúbicos. Para o mês seguinte e demais meses soma-se a entrada (coluna 03) com o volume de água no final do mês (coluna 05) e subtrai-se pela demanda mensal;

Volume de água no tanque no final do mês (coluna 05): este é o volume que o reservatório irá ter no final de cada mês. Mas como o volume do reservatório já está calculado então se o valor da coluna 04 (entrada – demanda) for maior que o volume do reservatório este assumirá o valor do volume calculado, caso contrário assumirá o valor calculado na coluna 04 (entrada – demanda).

Por fim na planilha de verificação fica explicitado no fim o número de meses que o sistema ficou sem água.

Com isso podem-se verificar quais os volumes que conseguem proporcionar ao sistema uma autonomia que assegure que a demanda não supere o volume de água pluvial armazenado.

5.4 ANÁLISE GRÁFICA

Com os resultados das simulações e verificações foi então criado gráficos que mostram o comportamento do tanque ao longo do tempo que está sendo analisado o reservatório de águas pluviais.

Os gráficos foram criados no software Excel® através da relação volume x tempo. Para a criação de tais gráficos é preciso que se utilizem os resultados obtidos na planilha eletrônica de verificação. Os resultados utilizados da planilha eletrônica de verificação são os volumes de água no tanque no final do mês e os meses em que a verificação foi feita.

Com o resultado da verificação e com a criação do gráfico volume x tempo fica mais fácil de identificar em que momento o sistema poderá ficar sem água nos períodos de pouca chuva ou seca.

Através das simulações, verificação e análise gráfica foi determinado o volume mais conveniente para o reservatório de águas pluviais para cada tipologia de edificação e regiões analisadas neste trabalho.

A determinação do melhor método foi definida verificando se o método consegue proporcionar ao sistema um volume que mantenha o sistema sempre abastecido com água de chuva não necessitando de outras formas de abastecimento para suprir a demanda de água pluvial além de proporcionar o menor volume mesmo à questão econômica não fazendo parte deste trabalho.

Posteriormente a escolha do melhor método foi verificado qual o fator que determinou a escolha de um método em relação a todos os outros propostos pela ABNT para o dimensionamento do reservatório de água pluvial.

5.5 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

Para conseguir hierarquizar as edificações em relação as que mais se beneficiam com um sistema de aproveitamento de água de chuva foi utilizado uma matriz de relevância onde alguns aspectos foram preponderantes para a escolha, sendo estes aspectos os seguintes:

- ✓ Área de captação: é função da área de captação de cada edificação adotada para este trabalho;
- ✓ Espaço físico: foi determinado um percentual de espaço físico disponível para o reservatório de água pluvial para cada edificação adotada por este trabalho;
- ✓ Demanda potencial: que é a relação entre o que a edificação pode captar de água pluvial em um mês e o que ela pode utilizar em um mês.

Formada a matriz de relevância então foi utilizado um método de apoio multicritério a decisão sendo ele o método TOPSIS (Technique for Order Préférence by Similarity to an Ideal Solution).

Para se desenvolver o método TOPSIS deve-se seguir o seguinte roteiro de cálculo.

1º) Calcular a matriz normalizada: a normalização original proposta por TOPSIS é a vetorial.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}}$$

Onde:

x_{ij} = avaliação do critérios i para as ações j ;

r_{ij} = valores normalizados.

2º) Calcular as avaliações normalizadas ponderadas.

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij}$$

3º) Determinar a solução ideal (A^*) e ideal negativa (A^-).

Onde:

A^* alternativa feita pelas melhores avaliações de cada critério;

$A^* = \{(\max v_{i1}), (\max v_{i2}), \dots, (\max v_{in})\}$

A^- alternativa feita pelas piores avaliações de cada critério

$A^- = \{(\min v_{i1}), (\min v_{i2}), \dots, (\min v_{in})\}$

4º) Calcular as medidas de separação.

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{ij} - v_i^+)^2}$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{ij} - v_i^-)^2}$$

Onde:

D^*_j = distância Euclidiana n-dimensional da ação j à solução ideal

D^-_j = distância Euclidiana n-dimensional da ação j à solução anti-ideal

5º) Calcular a aproximação relativa à solução ideal.

$$PI_j = \frac{D^-_j}{D^*_j + D^-_j}$$

Onde:

PI = índice de prioridade da ação j.

PI permite estabelecer um ordenamento.

Quando PI se aproxima de 1, a alternativa é dita “ideal”. Ao contrário, em se aproximando de zero, ela se torna mais “anti-ideal”.

6 RESULTADOS

Para a determinação do volume mais conveniente para as edificações e regiões analisadas foram criadas planilhas eletrônicas no software Excel® para os cálculos pertinentes. Estas planilhas foram usadas em todas as simulações para todas as tipologias de edificação e regiões dentro do estado de Santa Catarina.

Então os resultados mostrados a seguir são oriundos de um mesmo padrão de planilha eletrônica apenas variando os dados pertinentes para cada região e edificação analisada.

6.1 CASA RURAL

6.1.1 Localidade: Celso Ramos

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Casa Rural
Localidade:	Celso Ramos
N° Pessoas:	6
N° Carros:	4
Área Irrigação (m2):	250
Área Lavação (m2):	120
Precipitação Média Anual (mm):	1575,5
Precipitação Média Mensal (mm):	131,3
Área de Captação (m2):	250
Coefficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	18000
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca	1
Perdas (mm)	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Valores Positivos da Coluna 6 (m3)
Jan.	133,4	18	250	26,68	-8,68	0,00
Fev.	76,5	18	250	15,30	2,70	2,70
Mar.	104,6	18	250	20,92	-2,92	0,00
Abr.	161,7	18	250	32,34	-14,34	0,00
Mai.	115,7	18	250	23,14	-5,14	0,00
Jun.	111,2	18	250	22,24	-4,24	0,00
Jul.	124,3	18	250	24,86	-6,86	0,00
Ago.	73,4	18	250	14,68	3,32	3,32
Set.	172,6	18	250	34,52	-16,52	0,00
Out.	180,8	18	250	36,16	-18,16	0,00
Nov.	128,8	18	250	25,76	-7,76	0,00
Dez.	190,6	18	250	38,12	-20,12	0,00
Volume Reservatório (m3):			6,02			

MÉTODO SIMULAÇÃO			Volume Reservatório Fixado (m3):		3,4
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	133,4	18	26,68	12,08	3,40
Fev.	76,5	18	15,30	0,70	0,70
Mar.	104,6	18	20,92	3,62	3,40
Abr.	161,7	18	32,34	17,74	3,40
Mai.	115,7	18	23,14	8,54	3,40
Jun.	111,2	18	22,24	7,64	3,40
Jul.	124,3	18	24,86	10,26	3,40
Ago.	73,4	18	14,68	0,08	0,08
Set.	172,6	18	34,52	16,60	3,40
Out.	180,8	18	36,16	21,56	3,40
Nov.	128,8	18	25,76	11,16	3,40
Dez.	190,6	18	38,12	23,52	3,40

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	16542,8
V (m3) =	16,5

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	12960
Vadotado (m3) =	13,0

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	19693,75
Vadotado (m3) =	19,7

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		3,8
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	133,4	18	250	26,28	8,28	3,80
Fev.	76,5	18	250	14,90	0,70	0,70
Mar.	104,6	18	250	20,52	3,22	3,22
Abr.	161,7	18	250	31,94	17,16	3,80
Mai.	115,7	18	250	22,74	8,54	3,80
Jun.	111,2	18	250	21,84	7,64	3,80
Jul.	124,3	18	250	24,46	10,26	3,80
Ago.	73,4	18	250	14,28	0,08	0,08
Set.	172,6	18	250	34,12	16,20	3,80
Out.	180,8	18	250	35,76	21,56	3,80
Nov.	128,8	18	250	25,36	11,16	3,80
Dez.	190,6	18	250	37,72	23,52	3,80
N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:					0	
Confiança (%):		100				

O gráfico colocado a seguir mostra os diversos valores, para o reservatório de água pluvial, obtidos na simulação para uma casa rural localizada no município de Celso Ramos.

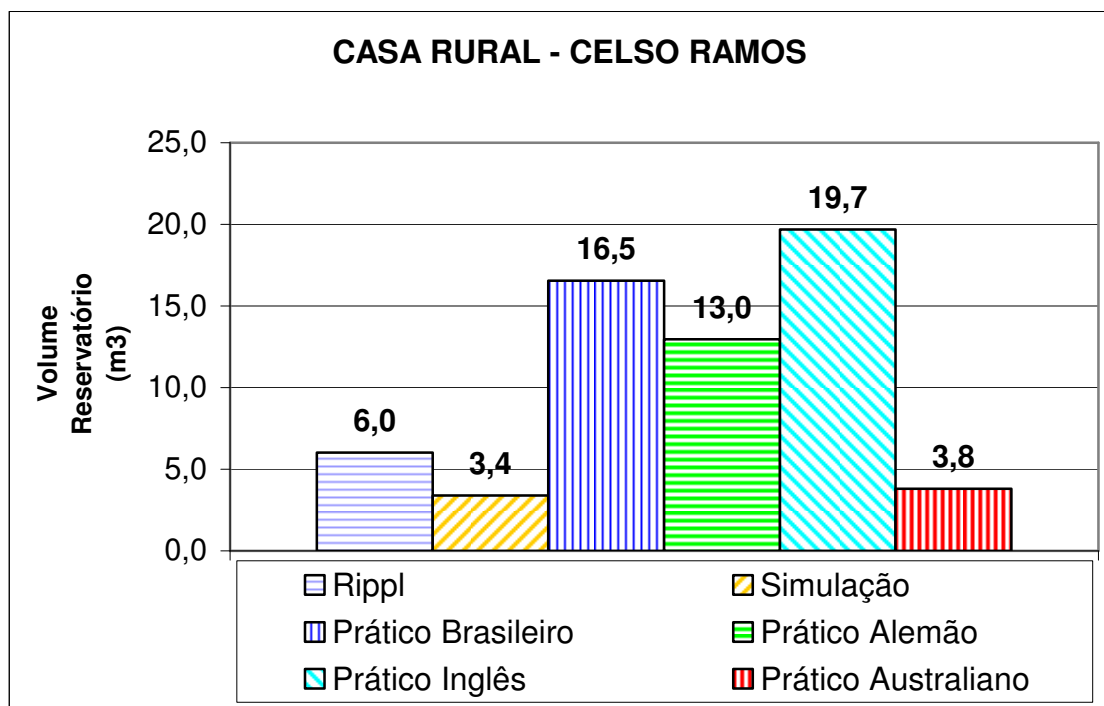


FIGURA 22 – GRÁFICO VOLUME (CASA RURAL – CELSO RAMOS)

A partir do gráfico fica demonstrado que o maior valor obtido nas simulações foi o do método prático inglês e o menor foi o do método da simulação.

Feito as simulações, então é feita uma verificação para observar se realmente os volumes calculados pelos métodos propostos pela ABNT proporcionam uma autonomia anual ao sistema.

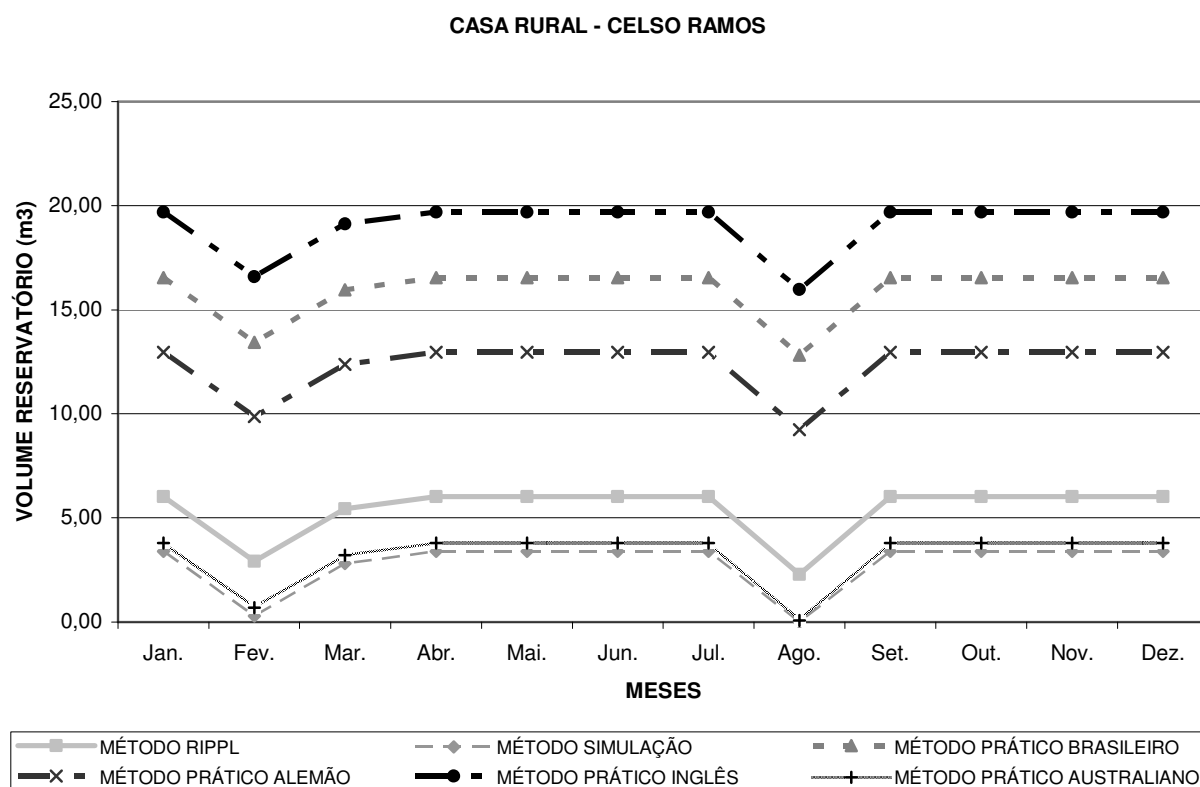


FIGURA 23 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA RURAL – CELSO RAMOS)

Método Rippl: através da planilha eletrônica e do gráfico anterior fica verificado que o sistema não ficou sem água em nenhum momento durante o ano analisado. Verifica-se que entre janeiro e fevereiro e em seguida entre julho e agosto ocorre um decréscimo de água dentro do reservatório, mas entre fevereiro e março e entre agosto e setembro ocorre um aumento de água no interior do reservatório normalizando-se em seguida.

Método simulação: fica explicitado que ocorre uma falta de água no sistema no mês de agosto como mostra o gráfico e a planilha eletrônica. Ocorre também um decréscimo do volume no interior do reservatório entre o mês de janeiro e fevereiro.

Método prático brasileiro: observa-se que no método prático brasileiro ocorre uma pequena queda do volume no interior do reservatório entre janeiro e fevereiro e entre julho e agosto, mas não ameaçando a autonomia do sistema.

Método prático alemão: de acordo com o gráfico anterior fica assegurada à autonomia do sistema, ou seja, em nenhum momento ocorre a falta de água pluvial. É verificada apenas uma pequena queda no volume entre janeiro e fevereiro e entre julho e agosto.

Método prático inglês: observa-se uma pequena queda do volume no interior do tanque entre janeiro e fevereiro e entre julho e agosto, mas a autonomia do sistema esta assegurada.

Método prático australiano: observa-se no método prático australiano uma grande queda de volume no interior do reservatório entre julho e agosto, mas não ocorrendo o interrupmento no abastecimento de água pluvial no sistema. Outra queda no volume é entre janeiro e fevereiro, mas não ameaçando o sistema.

De acordo com os resultados obtidos o melhor volume gerado foi o do método prático australiano que forneceu um volume de reservação de $3,8\text{m}^3$. Mesmo não sendo o menor valor entre todos os calculados nas simulações para a edificação e região em análise ele garantirá uma autonomia anual de água pluvial ao sistema.

O volume comercial mais conveniente a ser adquirido pela edificação seria de 5.000 litros.

6.1.2 Localidade: Joinville

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Casa Rural
Localidade:	Joinville
N° Pessoas:	6
N° Carros:	4
Área Irrigação (m2):	250
Área Lavação (m2):	120
Precipitação Média Anual (mm):	2113,2
Precipitação Média Mensal (mm):	176,1
Área de Captação (m2):	250
Coeficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	18000
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca	1
Perdas (mm)	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	327,5	18	250	65,5	-47,5	0
Fev.	261,1	18	250	52,22	-34,22	0
Mar.	230	18	250	46	-28	0
Abr.	139,9	18	250	27,98	-9,98	0
Mai.	75,7	18	250	15,14	2,86	2,86
Jun.	96,1	18	250	19,22	-1,22	0
Jul.	108	18	250	21,6	-3,6	0
Ago.	106,8	18	250	21,36	-3,36	0
Set.	203,4	18	250	40,68	-22,68	0
Out.	200,6	18	250	40,12	-22,12	0
Nov.	194,7	18	250	38,94	-20,94	0
Dez.	169,4	18	250	33,88	-15,88	0
Volume Reservatório (m3):			2,86			

MÉTODO SIMULAÇÃO			Volume Reservatório Fixado (m3):		2,9
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	327,5	18	65,5	50,4	2,9
Fev.	261,1	18	52,22	37,12	2,9
Mar.	230	18	46	30,9	2,9
Abr.	139,9	18	27,98	12,88	2,9
Mai.	75,7	18	15,14	0,04	0,04
Jun.	96,1	18	19,22	1,26	1,26
Jul.	108	18	21,6	4,86	2,9
Ago.	106,8	18	21,36	6,26	2,9
Set.	203,4	18	40,68	25,58	2,9
Out.	200,6	18	40,12	25,02	2,9
Nov.	194,7	18	38,94	23,84	2,9
Dez.	169,4	18	33,88	18,78	2,9

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	22188,6
V (m3) =	22,2

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	12960
Vadotado (m3) =	13,0

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	26415
Vadotado (m3) =	26,4

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		3,3
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	327,5	18	250	65,1	47,1	3,3
Fev.	261,1	18	250	51,82	37,12	3,3
Mar.	230	18	250	45,6	30,9	3,3
Abr.	139,9	18	250	27,58	12,88	3,3
Mai.	75,7	18	250	14,74	0,04	0,04
Jun.	96,1	18	250	18,82	0,86	0,86
Jul.	108	18	250	21,2	4,06	3,3
Ago.	106,8	18	250	20,96	6,26	3,3
Set.	203,4	18	250	40,28	25,58	3,3
Out.	200,6	18	250	39,72	25,02	3,3
Nov.	194,7	18	250	38,54	23,84	3,3
Dez.	169,4	18	250	33,48	18,78	3,3
N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:					0	
Confiança (%):		100				

A seguir segue o gráfico com os volumes calculados para uma casa rural em Joinville.

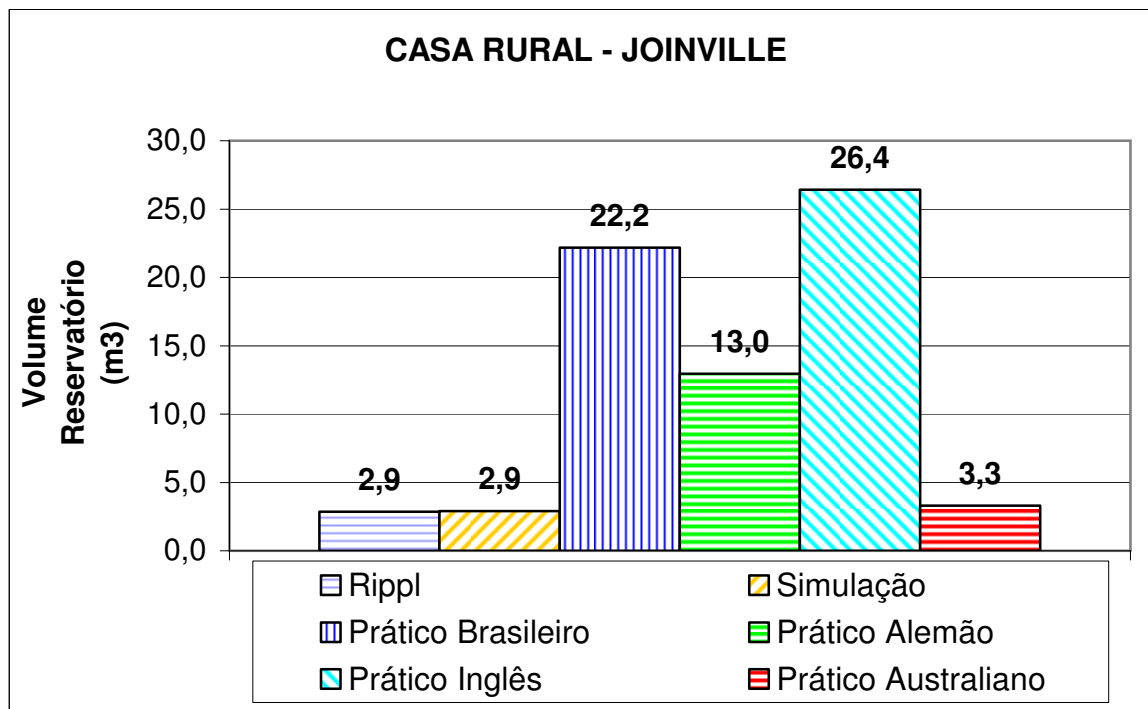


FIGURA 24 – GRÁFICO VOLUME (CASA RURAL – JOINVILLE)

Então é feita a verificação dos valores obtidos.

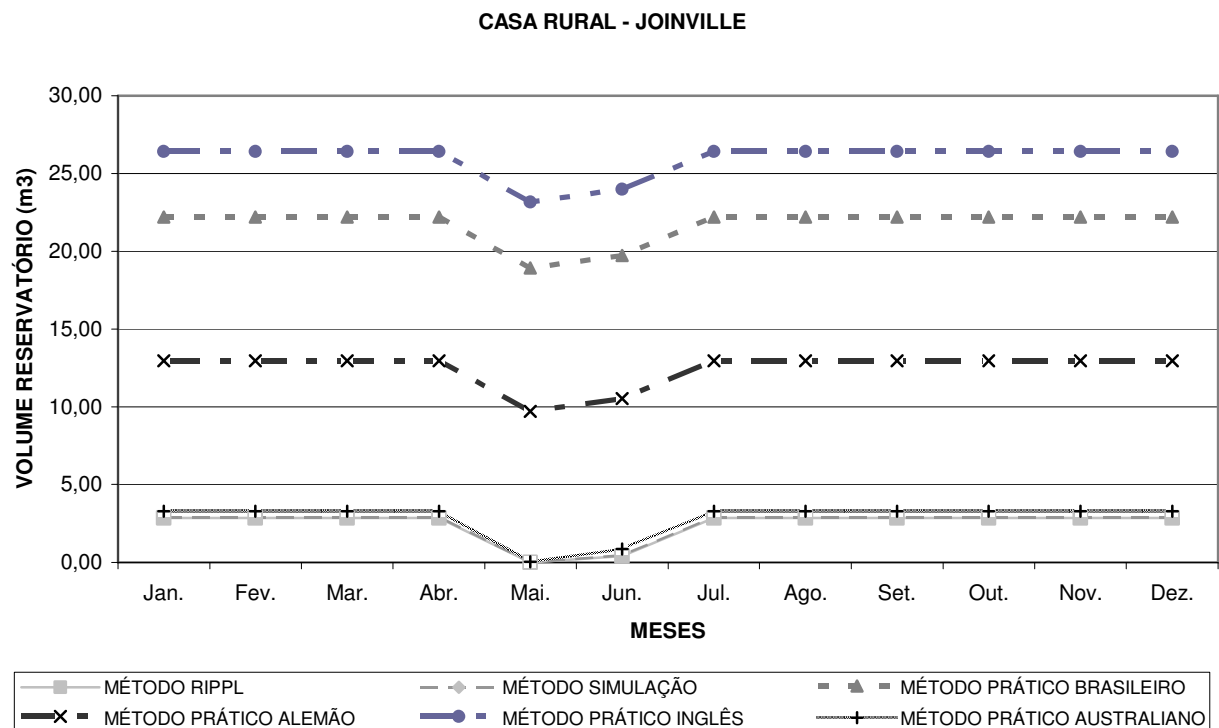


FIGURA 25 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA RURAL - JOINVILLE)

Método Rippl: verifica-se que no método de Rippl ocorre uma falta de água no sistema no mês de maio.

Método simulação: no método da simulação também ocorre uma falta de água no sistema no mês de maio.

Método prático brasileiro: observa-se que no método prático brasileiro não ocorre falta de água pluvial no sistema.

Método prático alemão: verifica-se que no método prático alemão também não ocorre risco de falta de água no sistema.

Método prático inglês: também não ocorre risco de falta de água no sistema pelo volume calculado pelo método prático inglês.

Método prático australiano: verifica-se que ocorre uma queda brusca no volume no interior do tanque entre abril e maio, mas não ocorre a falta de água no sistema.

Portanto o volume mais adequado para a edificação e região analisada é de $3,3\text{m}^3$, volume gerado pelo método prático australiano, isto por que este é o valor mínimo necessário para que o sistema consiga superar o mês mais escasso de chuva no ano sem ocorrer à falta de água no sistema.

Então o volume comercial mais adequado para edificação seria de 5.000litros.

6.1.3 Localidade: Tubarão

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Casa Rural
Localidade:	Tubarão
N° Pessoas:	6
N° Carros:	4
Área Irrigação (m2):	250
Área Lavação (m2):	120
Precipitação Média Anual (mm):	1286,1
Precipitação Média Mensal (mm):	107,1
Área de Captação (m2):	250
Coeficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	18000
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	3
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	121,5	18	250	24,3	-6,3	0
Fev.	151,5	18	250	30,3	-12,3	0
Mar.	185,7	18	250	37,14	-19,14	0
Abr.	51,1	18	250	10,22	7,78	7,78
Mai.	70,7	18	250	14,14	3,86	3,86
Jun.	76	18	250	15,2	2,8	2,8
Jul.	80	18	250	16	2	2
Ago.	109,1	18	250	21,82	-3,82	0
Set.	144	18	250	28,8	-10,8	0
Out.	133,9	18	250	26,78	-8,78	0
Nov.	94,3	18	250	18,86	-0,86	0
Dez.	68,3	18	250	13,66	4,34	4,34
Volume Reservatório (m3):			20,8			

MÉTODO SIMULAÇÃO		Volume Reservatório Fixado (m3):		16,5	
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	121,5	18	24,3	22,8	16,5
Fev.	151,5	18	30,3	28,8	16,5
Mar.	185,7	18	37,14	35,64	16,5
Abr.	51,1	18	10,22	8,72	8,72
Mai.	70,7	18	14,14	4,86	4,86
Jun.	76	18	15,2	2,06	2,06
Jul.	80	18	16	0,06	0,06
Ago.	109,1	18	21,82	3,88	3,88
Set.	144	18	28,8	14,68	14,68
Out.	133,9	18	26,78	23,46	16,5
Nov.	94,3	18	18,86	17,36	16,5
Dez.	68,3	18	13,66	12,16	12,16

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	40512,2
V (m3) =	40,5

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	12960
Vaodotado (m3) =	13,0

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	16076,25
Vaodotado (m3) =	16,1

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		18,1
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	121,5	18	250	23,9	5,9	5,9
Fev.	151,5	18	250	29,9	17,8	17,8
Mar.	185,7	18	250	36,74	36,54	18,1
Abr.	51,1	18	250	9,82	9,92	9,92
Mai.	70,7	18	250	13,74	5,66	5,66
Jun.	76	18	250	14,8	2,46	2,46
Jul.	80	18	250	15,6	0,06	0,06
Ago.	109,1	18	250	21,42	3,48	3,48
Set.	144	18	250	28,4	13,88	13,88
Out.	133,9	18	250	26,38	22,26	18,1
Nov.	94,3	18	250	18,46	18,56	18,1
Dez.	68,3	18	250	13,26	13,36	13,36
N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:					0	
Confiança (%):		100				

A seguir é mostrado o gráfico com todos os valores obtidos nas simulações para uma casa rural em Tubarão.

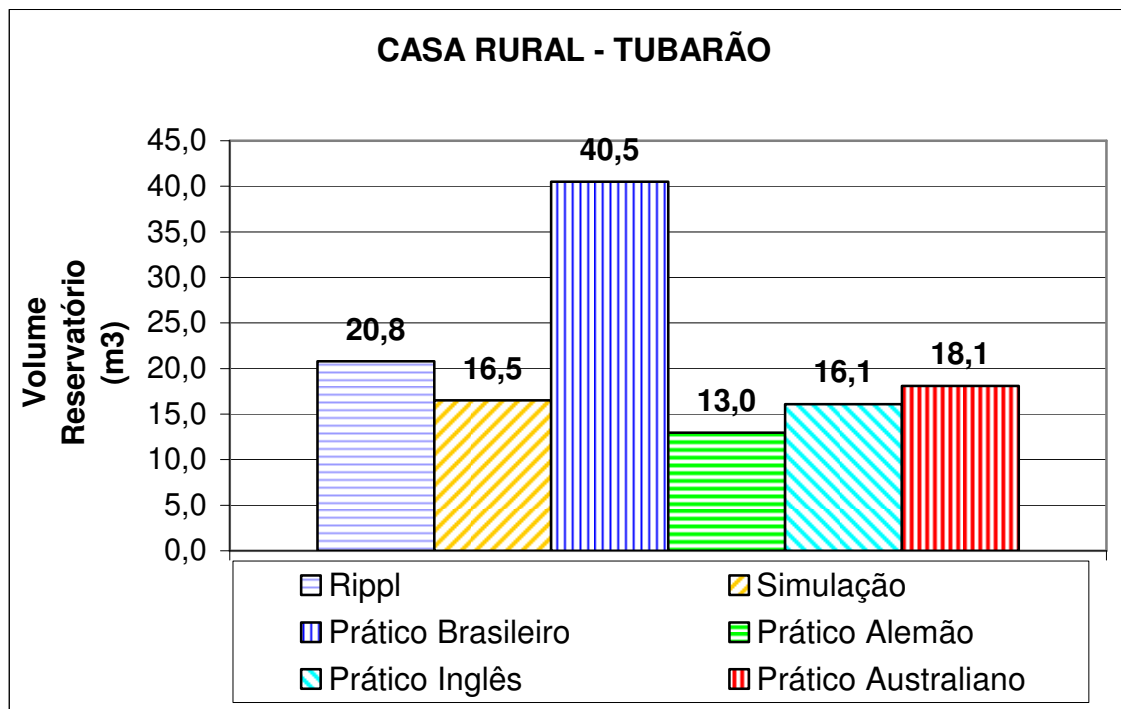


FIGURA 26 – GRÁFICO VOLUME (CASA RURAL – TUBARÃO)

Após as simulações é realizada a verificação.

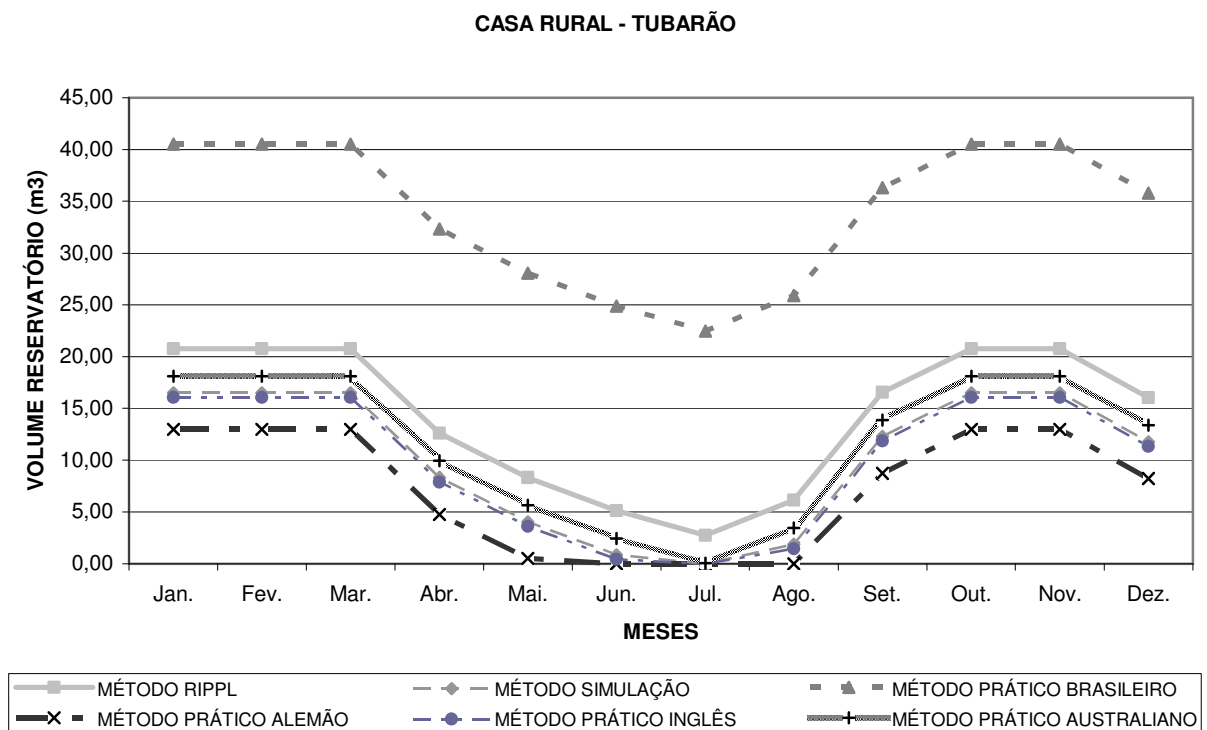


FIGURA 27 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA RURAL – TUBARÃO)

Método Rippl: verifica-se que para um volume de $20,8\text{m}^3$ o sistema consegue manter uma autonomia anual mesmo ocorrendo uma queda no volume do reservatório entre março e julho.

Método simulação: no método da simulação verificou-se que no mês de julho o sistema irá ficar sem água.

Método prático brasileiro: o volume calculado nas simulações para o método prático brasileiro garante a autonomia do sistema.

Método prático alemão: para o método prático alemão o volume calculado nas simulações não foi suficiente para atender a demanda visto que o sistema ficou sem água durante três meses.

Método prático inglês: verifica-se através da verificação que o sistema irá ficar sem água no mês de julho.

Método prático australiano: o volume de $18,1\text{m}^3$ é suficiente para o sistema ultrapassar os meses de pouca chuva sem deixar faltar água pluvial.

De acordo com as simulações feitas anteriormente deve ser adotado para o sistema de aproveitamento de água de chuva para a região de Tubarão em uma casa rural o volume da cisterna de $18,1\text{m}^3$ (método prático australiano) para que o sistema opere de forma a suprir a demanda mensal de água pluvial da edificação durante todo o ano.

O volume comercial recomendado seria de 20.000 litros.

6.2 CASA URBANA

6.2.1 Localidade: Celso Ramos

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Casa Urbana
Localidade:	Celso Ramos
N° Pessoas:	4
N° Carros:	3
Área Irrigação (m²):	0
Área Lavação (m²):	140
Precipitação Média Anual (mm):	1575,5
Precipitação Média Mensal (mm):	131,3
Área de Captação (m²):	150
Coeficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	9400
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	1
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	133,4	9,4	150	16,008	-6,608	0
Fev.	76,5	9,4	150	9,18	0,22	0,22
Mar.	104,6	9,4	150	12,552	-3,152	0
Abr.	161,7	9,4	150	19,404	-10,004	0
Mai.	115,7	9,4	150	13,884	-4,484	0
Jun.	111,2	9,4	150	13,344	-3,944	0
Jul.	124,3	9,4	150	14,916	-5,516	0
Ago.	73,4	9,4	150	8,808	0,592	0,592
Set.	172,6	9,4	150	20,712	-11,312	0
Out.	180,8	9,4	150	21,696	-12,296	0
Nov.	128,8	9,4	150	15,456	-6,056	0
Dez.	190,6	9,4	150	22,872	-13,472	0

Volume Reservatório (m3):	0,8
---------------------------	-----

MÉTODO SIMULAÇÃO

Volume Reservatório Fixado (m3):	0,6
----------------------------------	-----

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	133,4	9,4	16,008	7,208	0,6
Fev.	76,5	9,4	9,18	0,38	0,38
Mar.	104,6	9,4	12,552	3,532	0,6
Abr.	161,7	9,4	19,404	10,604	0,6
Mai.	115,7	9,4	13,884	5,084	0,6
Jun.	111,2	9,4	13,344	4,544	0,6
Jul.	124,3	9,4	14,916	6,116	0,6
Ago.	73,4	9,4	8,808	0,008	0,008
Set.	172,6	9,4	20,712	11,32	0,6
Out.	180,8	9,4	21,696	12,896	0,6
Nov.	128,8	9,4	15,456	6,656	0,6
Dez.	190,6	9,4	22,872	14,072	0,6

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	9925,7
--------------	--------

V (m3) =	9,9
----------	-----

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	6768
---------------------	------

Vaodotado (m3) =	6,8
------------------	-----

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	11816,25
---------------------	----------

Vaodotado (m3) =	11,8
------------------	------

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		0,84
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	133,4	9,4	150	15,768	6,368	0,84
Fev.	76,5	9,4	150	8,94	0,38	0,38
Mar.	104,6	9,4	150	12,312	3,292	0,84
Abr.	161,7	9,4	150	19,164	10,604	0,84
Mai.	115,7	9,4	150	13,644	5,084	0,84
Jun.	111,2	9,4	150	13,104	4,544	0,84
Jul.	124,3	9,4	150	14,676	6,116	0,84
Ago.	73,4	9,4	150	8,568	0,008	0,008
Set.	172,6	9,4	150	20,472	11,08	0,84
Out.	180,8	9,4	150	21,456	12,896	0,84
Nov.	128,8	9,4	150	15,216	6,656	0,84
Dez.	190,6	9,4	150	22,632	14,072	0,84
N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:				0		
Confiança (%):	100					

O gráfico a seguir mostra os valores dos volumes calculados para a edificação e região em análise.

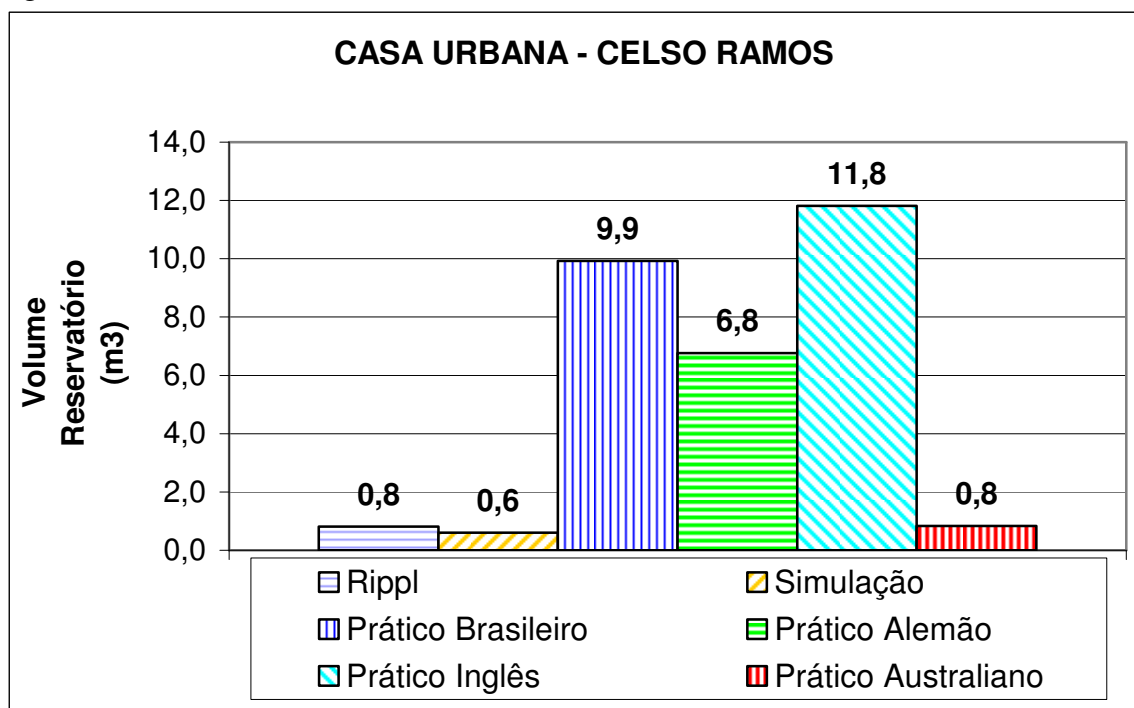


FIGURA 28 – GRÁFICO VOLUME (CASA URBANA – CELSO RAMOS)

Após as simulações é feita a verificação dos resultados obtidos.

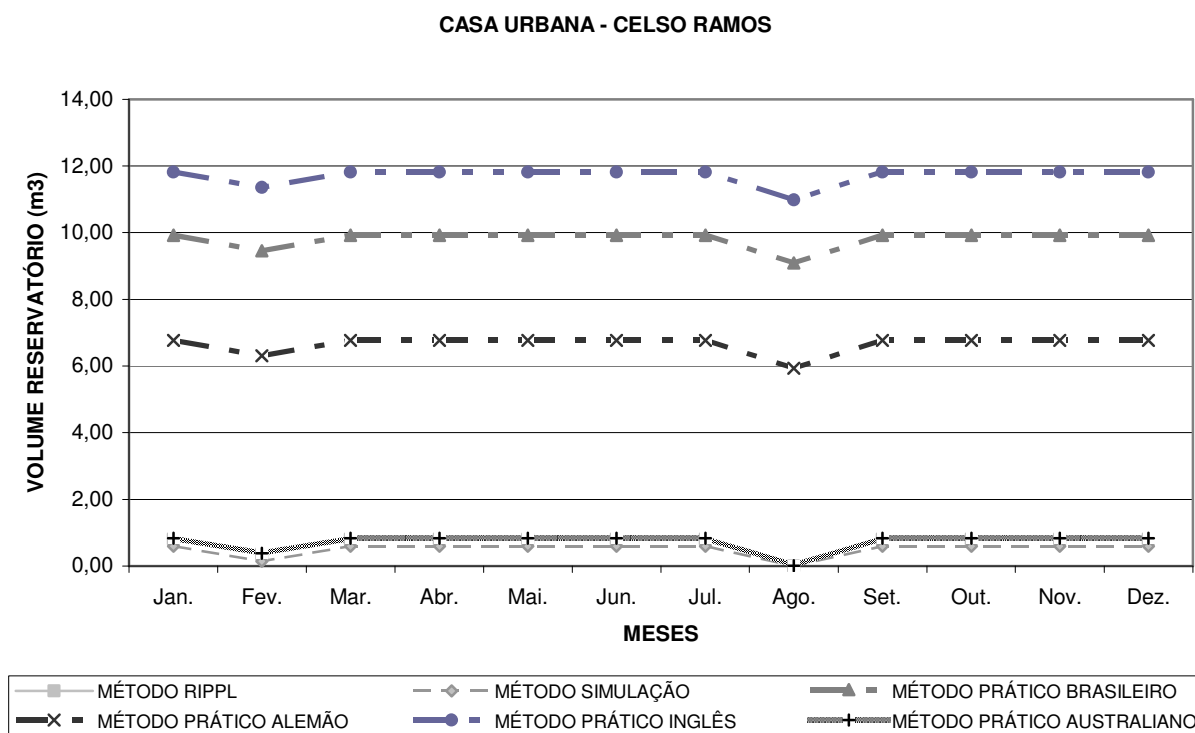


FIGURA 29 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA URBANA – JOINVILLE)

Método Rippl: observa-se que o sistema não conseguiu suprir a demanda no mês de agosto.

Método simulação: verifica-se que ocorreu falta de água no sistema no mês de agosto.

Método prático brasileiro: o volume calculado nas simulações supriu a demanda anual do sistema.

Método prático alemão: de acordo com a planilha eletrônica e o gráfico anterior fica constatado que não houve falta de água no sistema durante o ano analisado.

Método prático inglês: verifica-se que não houve falta de água no sistema.

Método prático australiano: através do gráfico e da planilha eletrônica é possível verificar que o sistema ultrapassou os meses de pouca chuva sem faltar água no sistema.

O volume mais indicado para a edificação em análise seria o de $0,8\text{m}^3$. Foi observado que tanto o método de Rippl como o método prático australiano forneceu o mesmo volume, mas o método de Rippl não leva em consideração em seus cálculos a perda de 2mm de água de chuva pela interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação que são recomendadas pela bibliografia consultada. Já o método prático australiano já leva em consideração no seu roteiro de cálculo esta perda além de considerar que o reservatório começa a operar no início do ano, vazio. Devido a isso o método prático australiano consegue suprir a demanda mensal de água pluvial no ano inteiro.

Volume comercial mais conveniente seria de 1.000 litros.

6.2.2 Localidade: Joinville

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Casa Urbana
Localidade:	Joinville
N° Pessoas:	4
N° Carros:	3
Área Irrigação (m2):	0
Área Lavação (m2):	140
Precipitação Média Anual (mm):	2113,2
Precipitação Média Mensal (mm):	1
Área de Captação (m2):	150
Coeficiente de Escoamento Superficial:	8
Demanda (Litros/mês):	9400
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	1
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	327,5	9,4	150	39,3	-29,9	0
Fev.	261,1	9,4	150	31,332	-21,932	0
Mar.	230	9,4	150	27,6	-18,2	0
Abr.	139,9	9,4	150	16,788	-7,388	0
Mai.	75,7	9,4	150	9,084	0,316	0,316
Jun.	96,1	9,4	150	11,532	-2,132	0
Jul.	108	9,4	150	12,96	-3,56	0
Ago.	106,8	9,4	150	12,816	-3,416	0
Set.	203,4	9,4	150	24,408	-15,008	0
Out.	200,6	9,4	150	24,072	-14,672	0
Nov.	194,7	9,4	150	23,364	-13,964	0
Dez.	169,4	9,4	150	20,328	-10,928	0
Volume Reservatório (m3):			0,3			

MÉTODO SIMULAÇÃO			Volume Reservatório Fixado (m3):		0,32
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	327,5	9,4	39,3	30,22	0,32
Fev.	261,1	9,4	31,332	22,252	0,32
Mar.	230	9,4	27,6	18,52	0,32
Abr.	139,9	9,4	16,788	7,708	0,32
Mai.	75,7	9,4	9,084	0,004	0,004
Jun.	96,1	9,4	11,532	2,136	0,32
Jul.	108	9,4	12,96	3,88	0,32
Ago.	106,8	9,4	12,816	3,736	0,32
Set.	203,4	9,4	24,408	15,328	0,32
Out.	200,6	9,4	24,072	14,992	0,32
Nov.	194,7	9,4	23,364	14,284	0,32
Dez.	169,4	9,4	20,328	11,248	0,32

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	13313,2
V (m3) =	13,3

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	6768
Vaodotado (m3) =	6,8

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	15849
Vaodotado (m3) =	15,8

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

Volume Reservatório (m3):

0,56

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	327,5	9,4	150	39,06	29,66	0,56
Fev.	261,1	9,4	150	31,092	22,252	0,56
Mar.	230	9,4	150	27,36	18,52	0,56
Abr.	139,9	9,4	150	16,548	7,708	0,56
Mai.	75,7	9,4	150	8,844	0,004	0,004
Jun.	96,1	9,4	150	11,292	1,896	0,56
Jul.	108	9,4	150	12,72	3,88	0,56
Ago.	106,8	9,4	150	12,576	3,736	0,56
Set.	203,4	9,4	150	24,168	15,328	0,56
Out.	200,6	9,4	150	23,832	14,992	0,56
Nov.	194,7	9,4	150	23,124	14,284	0,56
Dez.	169,4	9,4	150	20,088	11,248	0,56

N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:

0

Confiança (%):

100

A seguir é colocado o gráfico com todos os resultados para os volumes obtidos nas simulações.

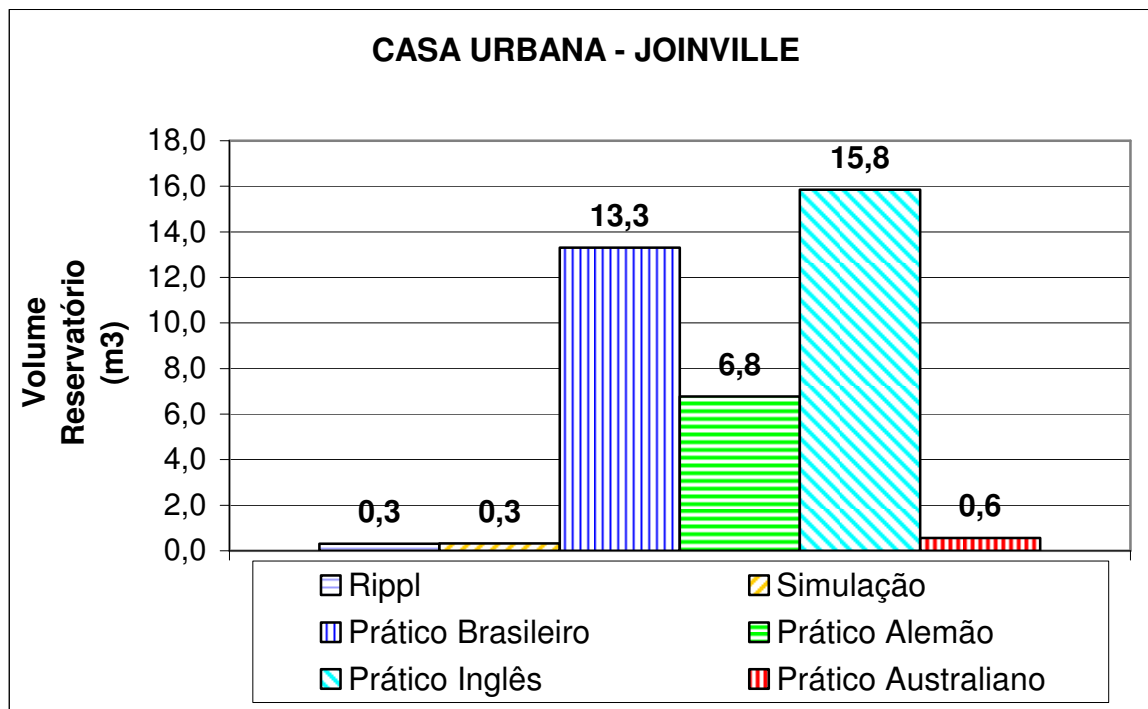


FIGURA 30 – GRÁFICO VOLUME (CASA URBANA – JOINVILLE)

Depois de feitas todas as simulações então foi feito a verificação de todos os volumes obtidos.

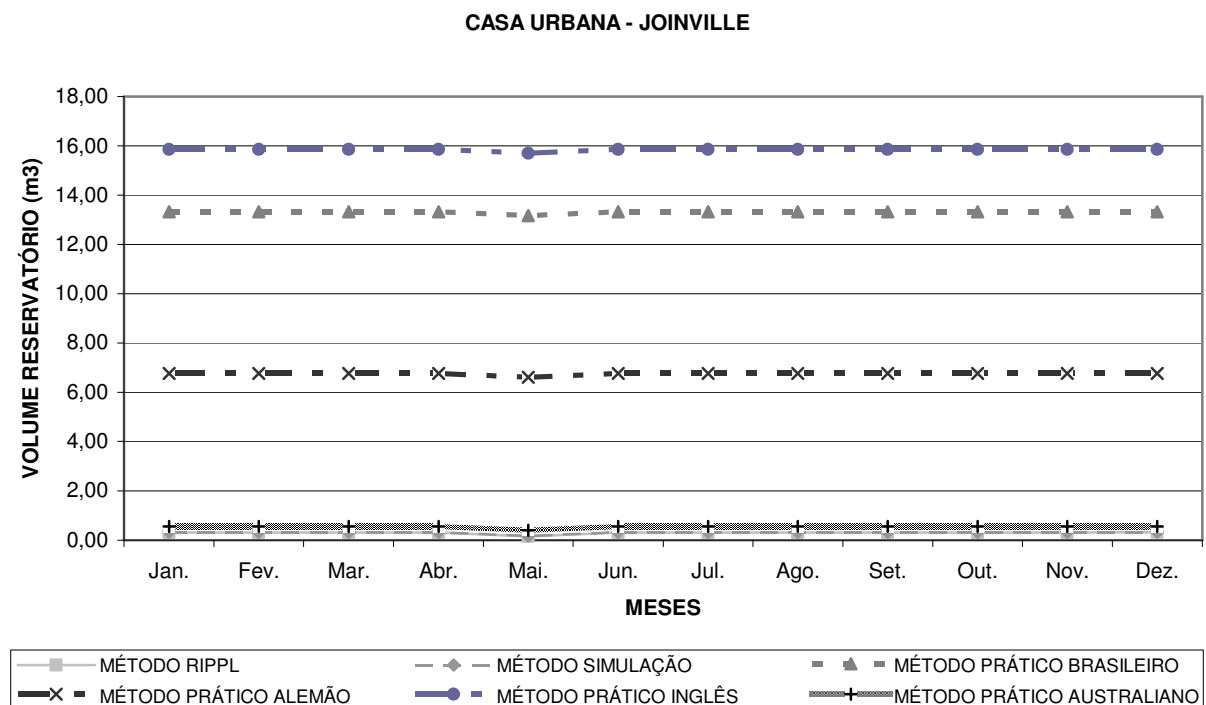


FIGURA 31 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA URBANA – JOINVILLE)

Método Rippl: observa-se que ocorreu uma pequena queda no interior do tanque entre o mês de abril e maio.

Método simulação: verificou-se que ocorreu uma pequena queda do volume no interior do tanque entre os meses de abril e maio.

Método prático brasileiro: observa-se que ocorreu uma pequena queda do volume no interior do tanque entre os meses de abril e maio.

Método prático alemão: verifica-se que ocorreu uma pequena queda do volume no interior do tanque entre os meses de abril e maio.

Método prático inglês: observa-se que ocorreu uma pequena queda do volume no interior do tanque entre os meses de abril e maio.

Método prático australiano: verifica-se que ocorreu uma pequena queda do volume no interior do tanque entre os meses de abril e maio.

De acordo com os resultados o volume indicado para uma casa urbana localizada no município de Joinville é de $0,3\text{m}^3$. Os métodos de Rippl e da simulação forneceram os mesmos resultados de $0,3\text{m}^3$ para o reservatório.

O volume comercial recomendado para a edificação em análise é de 1.000 litros.

6.2.3 Localidade: Tubarão

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Casa Urbana
Localidade:	Tubarão
N° Pessoas:	4
N° Carros:	3
Área Irrigação (m2):	0
Área Lavação (m2):	140
Precipitação Média Anual (mm):	1286,1
Precipitação Média Mensal (mm):	107,1
Área de Captação (m2):	150
Coeficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	9400
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	3
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	121,5	9,4	150	14,58	-5,18	0
Fev.	151,5	9,4	150	18,18	-8,78	0
Mar.	185,7	9,4	150	22,284	-12,884	0
Abr.	51,1	9,4	150	6,132	3,268	3,268
Mai.	70,7	9,4	150	8,484	0,916	0,916
Jun.	76	9,4	150	9,12	0,28	0,28
Jul.	80	9,4	150	9,6	-0,2	0
Ago.	109,1	9,4	150	13,092	-3,692	0
Set.	144	9,4	150	17,28	-7,88	0
Out.	133,9	9,4	150	16,068	-6,668	0
Nov.	94,3	9,4	150	11,316	-1,916	0
Dez.	68,3	9,4	150	8,196	1,204	1,204
Volume Reservatório (m3):			5,7			

MÉTODO SIMULAÇÃO		Volume Reservatório Fixado (m3):		4,5	
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	121,5	9,4	14,58	9,68	4,5
Fev.	151,5	9,4	18,18	13,28	4,5
Mar.	185,7	9,4	22,284	17,384	4,5
Abr.	51,1	9,4	6,132	1,232	1,232
Mai.	70,7	9,4	8,484	0,316	0,316
Jun.	76	9,4	9,12	0,036	0,036
Jul.	80	9,4	9,6	0,236	0,236
Ago.	109,1	9,4	13,092	3,928	3,928
Set.	144	9,4	17,28	11,808	4,5
Out.	133,9	9,4	16,068	11,168	4,5
Nov.	94,3	9,4	11,316	6,416	4,5
Dez.	68,3	9,4	8,196	3,296	3,296

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	24307,3
V (m3) =	24,3

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	6768
Vaodotado (m3) =	6,8

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	9645,75
Vaodotado (m3) =	9,6

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		5,3
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	121,5	9,4	150	14,34	4,94	4,94
Fev.	151,5	9,4	150	17,94	13,48	5,3
Mar.	185,7	9,4	150	22,044	17,944	5,3
Abr.	51,1	9,4	150	5,892	1,792	1,792
Mai.	70,7	9,4	150	8,244	0,636	0,636
Jun.	76	9,4	150	8,88	0,116	0,116
Jul.	80	9,4	150	9,36	0,076	0,076
Ago.	109,1	9,4	150	12,852	3,528	3,528
Set.	144	9,4	150	17,04	11,168	5,3
Out.	133,9	9,4	150	15,828	11,728	5,3
Nov.	94,3	9,4	150	11,076	6,976	5,3
Dez.	68,3	9,4	150	7,956	3,856	3,856
N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:					0	
Confiança (%):		100				

O gráfico a seguir mostra os volumes calculados nas simulações feitas anteriormente.

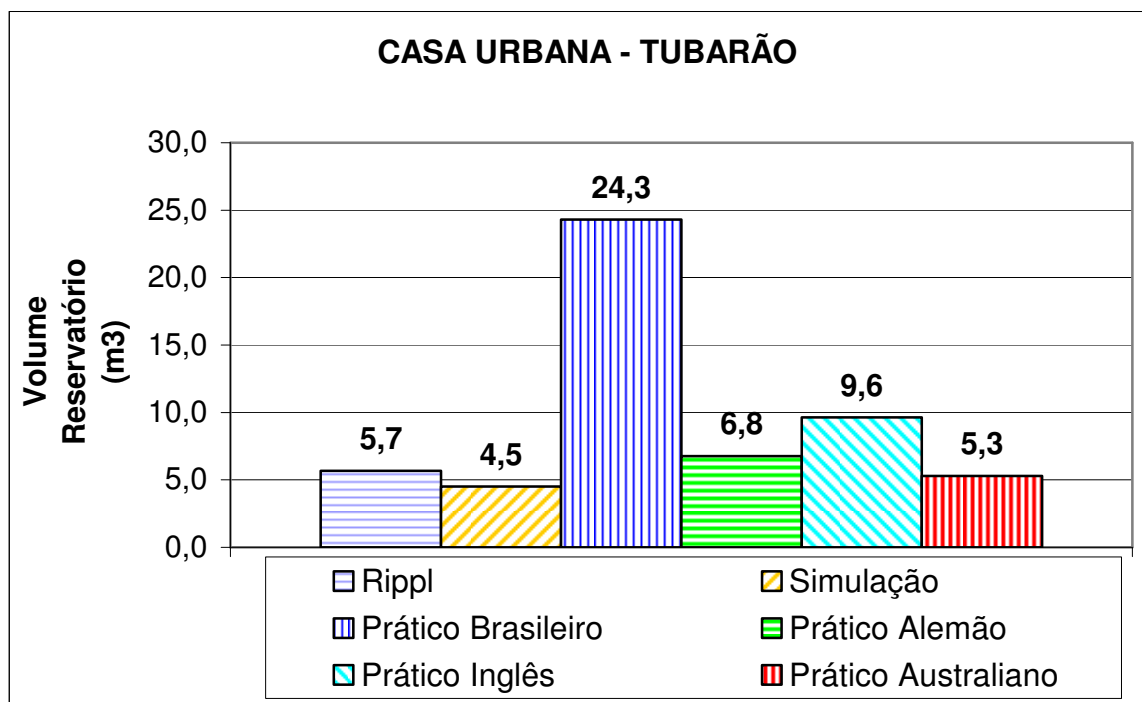


FIGURA 32 – GRÁFICO VOLUME (CASA URBANA – TUBARÃO)

Depois de feitas todas as simulações, para a edificação e região em análise, então foi feito a verificação dos volumes calculados.

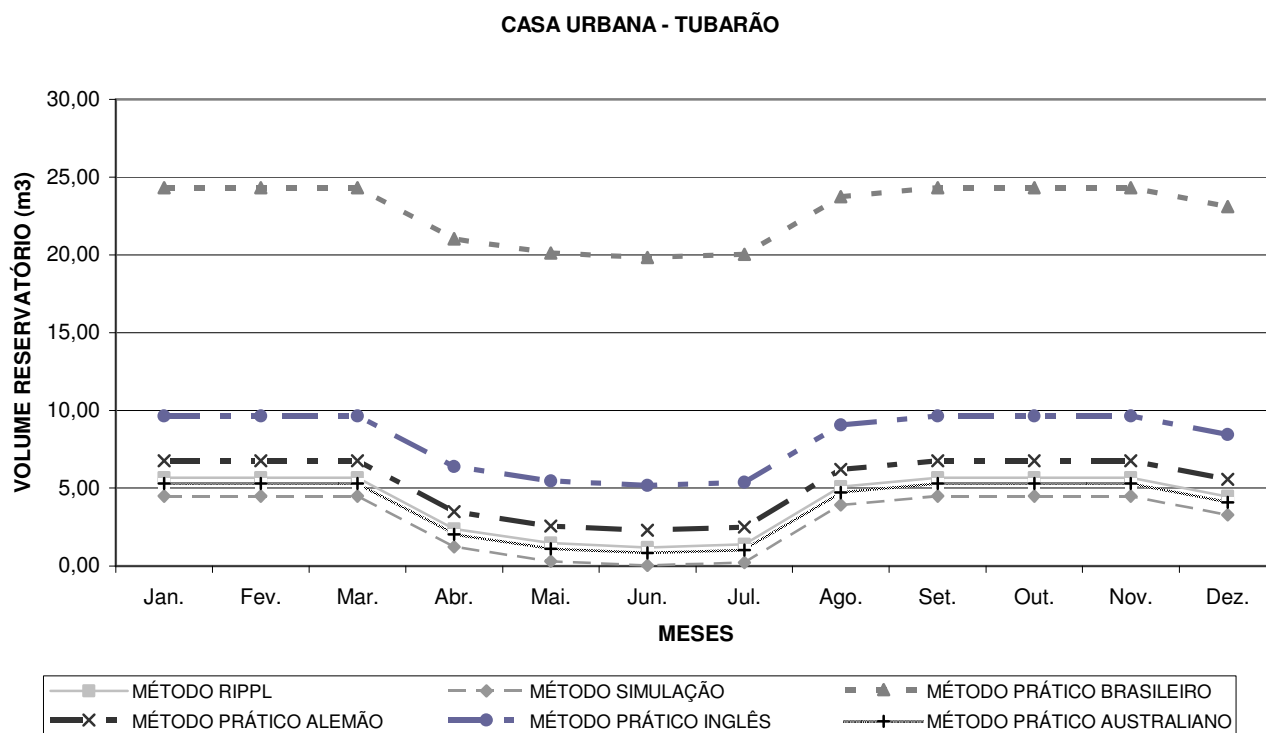


FIGURA 33 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (CASA URBANA – TUBARÃO)

Método Rippl: observa-se que ocorreu uma queda no volume de água no reservatório entre os meses de março e julho.

Método simulação: verifica-se que entre os meses de maio e julho ocorre uma falta de água no sistema.

Método prático brasileiro: observa-se que ocorreu uma pequena queda no interior do tanque entre os meses de março e julho.

Método prático alemão: verifica-se que ocorreu uma queda no nível de água no interior do reservatório de água de chuva entre os meses de março e julho.

Método prático inglês: observa-se que ocorreu uma queda no nível de água no interior do tanque no intervalo entre os meses de março e julho.

Método prático australiano: observa-se que ocorre uma grande queda de nível de água no interior do reservatório de água de chuva no período compreendido entre os meses de março e julho.

É indicado para a edificação em análise que o volume da cisterna de água pluvial seja o calculado pelo método da simulação que é de $4,5\text{m}^3$. Este é o menor valor necessário para suprir a demanda no mês de maior estiagem no ano.

O volume comercial recomendado é de 5.000 litros.

6.3 EDIFÍCIO

6.3.1 Localidade: Celso Ramos

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Edifício
Localidade:	Celso Ramos
N° Pessoas:	32
N° Carros:	0
Área Irrigação (m2):	0
Área Lavação (m2):	200
Precipitação Média Anual (mm):	1575,5
Precipitação Média Mensal (mm):	131,3
Área de Captação (m2):	380
Coeficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	42400
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	1
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	133,4	42,4	380	40,5536	1,8464	1,8464
Fev.	76,5	42,4	380	23,256	19,144	20,9904
Mar.	104,6	42,4	380	31,7984	10,6016	31,592
Abr.	161,7	42,4	380	49,1568	-6,7568	0
Mai.	115,7	42,4	380	35,1728	7,2272	7,2272
Jun.	111,2	42,4	380	33,8048	8,5952	8,5952
Jul.	124,3	42,4	380	37,7872	4,6128	4,6128
Ago.	73,4	42,4	380	22,3136	20,0864	20,0864
Set.	172,6	42,4	380	52,4704	-10,0704	0
Out.	180,8	42,4	380	54,9632	-12,5632	0
Nov.	128,8	42,4	380	39,1552	3,2448	3,2448
Dez.	190,6	42,4	380	57,9424	-15,5424	0
Volume Reservatório (m3):			98,2			

MÉTODO SIMULAÇÃO					
Volume Reservatório Fixado (m3):				65,4	
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	133,4	42,4	40,5536	63,5536	63,5536
Fev.	76,5	42,4	23,256	44,4096	44,4096
Mar.	104,6	42,4	31,7984	33,808	33,808
Abr.	161,7	42,4	49,1568	40,5648	40,5648
Mai.	115,7	42,4	35,1728	33,3376	33,3376
Jun.	111,2	42,4	33,8048	24,7424	24,7424
Jul.	124,3	42,4	37,7872	20,1296	20,1296
Ago.	73,4	42,4	22,3136	0,0432	0,0432
Set.	172,6	42,4	52,4704	10,1136	10,1136
Out.	180,8	42,4	54,9632	22,6768	22,6768
Nov.	128,8	42,4	39,1552	19,432	19,432
Dez.	190,6	42,4	57,9424	34,9744	34,9744

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	25145,0
V (m3) =	25,1

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	30528
Vaodotado (m3) =	30,5

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	29934,5
Vaodotado (m3) =	29,9

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		32,5
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	133,4	42,4	380	39,9456	-2,4544	0
Fev.	76,5	42,4	380	22,648	-19,752	0
Mar.	104,6	42,4	380	31,1904	-11,2096	0
Abr.	161,7	42,4	380	48,5488	6,1488	6,1488
Mai.	115,7	42,4	380	34,5648	-1,6864	0
Jun.	111,2	42,4	380	33,1968	-9,2032	0
Jul.	124,3	42,4	380	37,1792	-5,2208	0
Ago.	73,4	42,4	380	21,7056	-20,6944	0
Set.	172,6	42,4	380	51,8624	9,4624	9,4624
Out.	180,8	42,4	380	54,3552	21,4176	21,4176
Nov.	128,8	42,4	380	38,5472	17,5648	17,5648
Dez.	190,6	42,4	380	57,3344	32,4992	32,4992
Nº Meses que o reservatório não atendeu a demanda:					7	
Confiança(%):		42				

O gráfico a seguir mostra os volumes calculados para o reservatório de água de chuva.

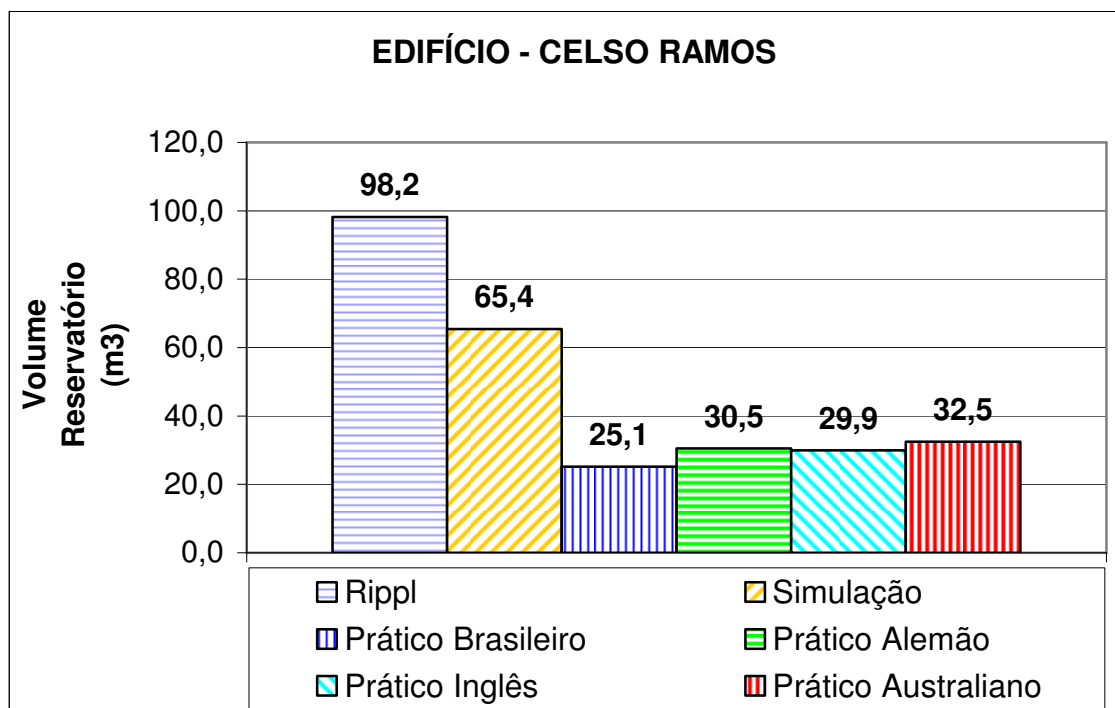


FIGURA 34 – GRÁFICO VOLUME (EDIFÍCIO – CELSO RAMOS)

Após o termino das simulações é feita a verificação a partir dos volumes calculados.

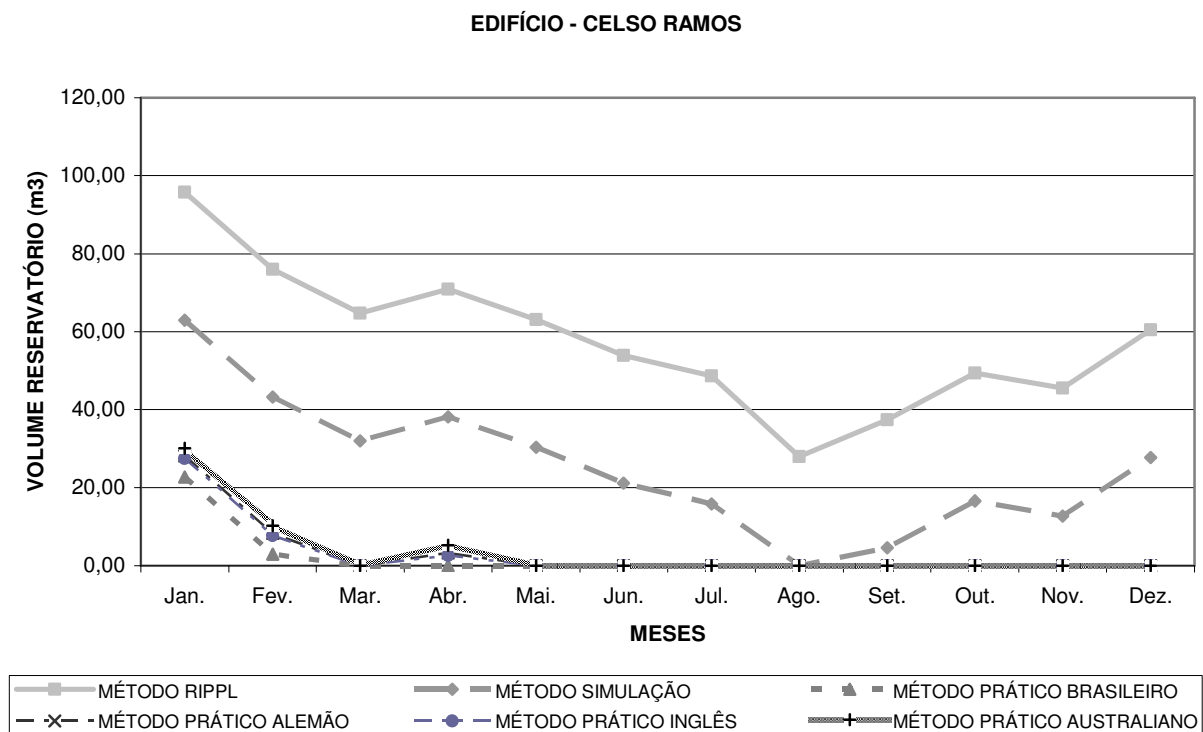


FIGURA 35 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (EDIFÍCIO – CELSO RAMOS)

Método Rippl: observa-se através do gráfico que o sistema consegue manter uma autonomia durante todo o ano em questão.

Método simulação: através da verificação é possível observar que no mês agosto o sistema irá ficar sem água.

Método prático brasileiro: verifica-se através da verificação feita que no método prático brasileiro o sistema irá ficar quase o ano inteiro sem água pluvial.

Método prático alemão: através do gráfico anterior é possível observar que o sistema passará uma grande parte do ano sem água pluvial para suprir a demanda de água não potável.

Método prático inglês: é possível, através do gráfico, afirmar que o sistema irá possuir água de chuva apenas nos meses de janeiro, fevereiro e abril.

Método prático australiano: no método prático australiano o reservatório de água de chuva irá ficar com água apenas nos meses janeiro, fevereiro e abril.

O menor valor calculado para que o sistema não fique sem água é de $98,2\text{m}^3$. Mas este valor é totalmente proibitivo pelo alto valor econômico que este volume geraria.

Para o valor de $65,4\text{m}^3$ o sistema iria ficar sem água apenas um mês, mas mesmo assim o volume continua muito proibitivo. A partir disto fica evidente que a edificação analisada não suportaria a adoção de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

6.3.2 Localidade: Joinville

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Edifício
Localidade:	Joinville
N° Pessoas:	32
N° Carros:	0
Área Irrigação (m2):	0
Área Lavação (m2):	200
Precipitação Média Anual (mm):	2113,2
Precipitação Média Mensal (mm):	176,1
Área de Captação (m2):	380
Coeficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	42400
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	1
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	327,5	42,4	380	99,56	-57,16	0
Fev.	261,1	42,4	380	79,3744	-36,9744	0
Mar.	230	42,4	380	69,92	-27,52	0
Abr.	139,9	42,4	380	42,5296	-0,1296	0
Mai.	75,7	42,4	380	23,0128	19,3872	19,3872
Jun.	96,1	42,4	380	29,2144	13,1856	13,1856
Jul.	108	42,4	380	32,832	9,568	9,568
Ago.	106,8	42,4	380	32,4672	9,9328	9,9328
Set.	203,4	42,4	380	61,8336	-19,4336	0
Out.	200,6	42,4	380	60,9824	-18,5824	0
Nov.	194,7	42,4	380	59,1888	-16,7888	0
Dez.	169,4	42,4	380	51,4976	-9,0976	0
Volume Reservatório (m3):			52,1			

MÉTODO SIMULAÇÃO			Volume Reservatório Fixado (m3):		52,1
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	327,5	42,4	99,56	109,26	52,1
Fev.	261,1	42,4	79,3744	89,0744	52,1
Mar.	230	42,4	69,92	79,62	52,1
Abr.	139,9	42,4	42,5296	52,2296	52,1
Mai.	75,7	42,4	23,0128	32,7128	32,7128
Jun.	96,1	42,4	29,2144	19,5272	19,5272
Jul.	108	42,4	32,832	9,9592	9,9592
Ago.	106,8	42,4	32,4672	0,0264	0,0264
Set.	203,4	42,4	61,8336	19,46	19,46
Out.	200,6	42,4	60,9824	38,0424	38,0424
Nov.	194,7	42,4	59,1888	54,8312	52,1
Dez.	169,4	42,4	51,4976	61,1976	52,1

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	33726,7
V (m3) =	33,7

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	30528
Vaodotado (m3) =	30,5

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	40150,8
Vaodotado (m3) =	40,2

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		55
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	327,5	42,4	380	98,952	56,552	55
Fev.	261,1	42,4	380	78,7664	91,3664	55
Mar.	230	42,4	380	69,312	81,912	55
Abr.	139,9	42,4	380	41,9216	54,5216	54,5216
Mai.	75,7	42,4	380	22,4048	34,5264	34,5264
Jun.	96,1	42,4	380	28,6064	20,7328	20,7328
Jul.	108	42,4	380	32,224	10,5568	10,5568
Ago.	106,8	42,4	380	31,8592	0,016	0,016
Set.	203,4	42,4	380	61,2256	18,8416	18,8416
Out.	200,6	42,4	380	60,3744	36,816	36,816
Nov.	194,7	42,4	380	58,5808	52,9968	52,9968
Dez.	169,4	42,4	380	50,8896	61,4864	55
N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:					0	
Confiança(%):		100				

No gráfico a seguir é mostrado todos os volumes calculados nas simulações.

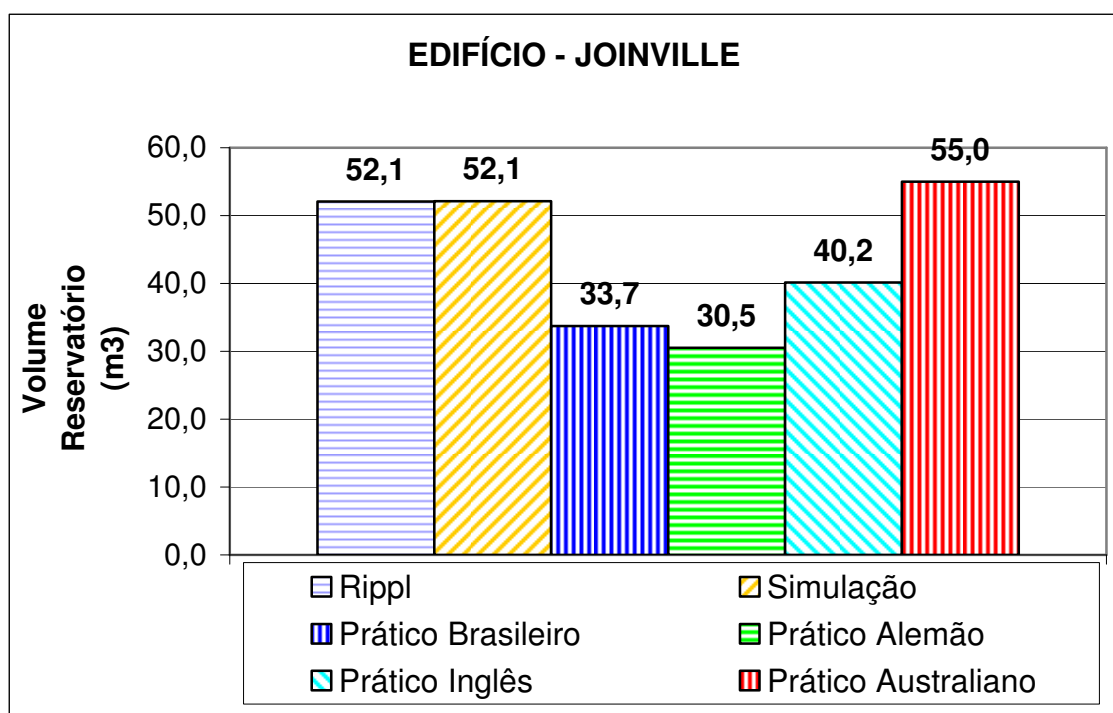


FIGURA 36 – GRÁFICO VOLUME (EDIFÍCIO – JOINVILLE)

Posterior as simulações é feita a verificação com os volumes calculados.

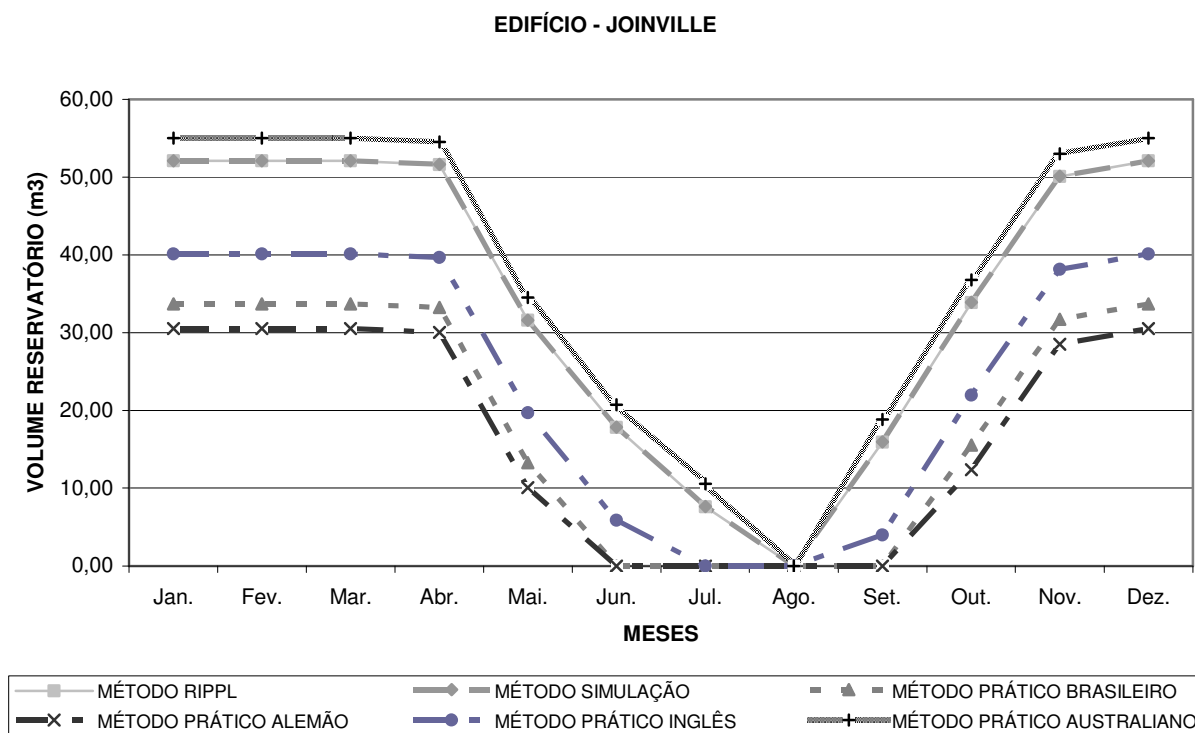


FIGURA 37 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (EDIFÍCIO – JOINVILLE)

Método Rippl: observa-se através do gráfico que o sistema irá ficar sem água no mês de agosto.

Método simulação: para o método da simulação o sistema irá ficar sem água no mês de agosto.

Método prático brasileiro: através do gráfico gerado para o método prático brasileiro é possível verificar que o sistema irá ficar sem água nos meses de junho, julho, agosto e setembro.

Método prático alemão: com o volume calculado pelo método prático alemão o sistema não atenderá a demanda nos meses de junho, julho, agosto e setembro.

Método prático inglês: é possível observar através da verificação feita para o método prático inglês que o sistema não irá superar a demanda nos meses de julho e agosto.

Método prático australiano: com o volume calculado no método australiano o sistema conseguirá superar a demanda todos os meses do ano.

O menor valor calculado para o reservatório de água pluvial para que o sistema mantenha uma vazão onde consiga suprir a demanda é de $55,0\text{m}^3$. Mas como estamos analisando um edifício onde o espaço físico disponível para a implantação da cisterna de água pluvial é muito pequeno fica constatado que a edificação não é apropriada para adotar tal sistema.

6.3.3 Localidade: Tubarão

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Edifício
Localidade:	Tubarão
N° Pessoas:	32
N° Carros:	0
Área de Irrigação (m2):	0
Área de Lavação (m2):	200
Precipitação Média Anual (mm):	1286,1
Precipitação Média Mensal (mm):	107,1
Área de Captação (m2):	380
Coeficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (litros/mês):	42400
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	3
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	121,5	42,4	380	36,936	5,464	5,464
Fev.	151,5	42,4	380	46,056	-3,656	0
Mar.	185,7	42,4	380	56,4528	-14,0528	0
Abr.	51,1	42,4	380	15,5344	26,8656	26,8656
Mai.	70,7	42,4	380	21,4928	20,9072	20,9072
Jun.	76	42,4	380	23,104	19,296	19,296
Jul.	80	42,4	380	24,32	18,08	18,08
Ago.	109,1	42,4	380	33,1664	9,2336	9,2336
Set.	144	42,4	380	43,776	-1,376	0
Out.	133,9	42,4	380	40,7056	1,6944	1,6944
Nov.	94,3	42,4	380	28,6672	13,7328	13,7328
Dez.	68,3	42,4	380	20,7632	21,6368	21,6368
Volume Reservatório (m3):			136,9			

MÉTODO SIMULAÇÃO					
Volume Reservatório Fixado (m3):				130,1	
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	121,5	42,4	36,936	124,636	124,636
Fev.	151,5	42,4	46,056	128,292	128,292
Mar.	185,7	42,4	56,4528	142,3448	130,1
Abr.	51,1	42,4	15,5344	103,2344	103,2344
Mai.	70,7	42,4	21,4928	82,3272	82,3272
Jun.	76	42,4	23,104	63,0312	63,0312
Jul.	80	42,4	24,32	44,9512	44,9512
Ago.	109,1	42,4	33,1664	35,7176	35,7176
Set.	144	42,4	43,776	37,0936	37,0936
Out.	133,9	42,4	40,7056	35,3992	35,3992
Nov.	94,3	42,4	28,6672	21,6664	21,6664
Dez.	68,3	42,4	20,7632	0,0296	0,0296

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	61578,5
V (m3) =	61,6

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	30528
Vadotado (m3) =	30,5

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	24435,9
Vadotado (m3) =	24,4

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

Volume Reservatório (m3):

16,5

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	121,5	42,4	380	36,328	-6,072	0
Fev.	151,5	42,4	380	45,448	3,048	3,048
Mar.	185,7	42,4	380	55,8448	16,4928	16,4928
Abr.	51,1	42,4	380	14,9264	-10,9808	0
Mai.	70,7	42,4	380	20,8848	-21,5152	0
Jun.	76	42,4	380	22,496	-19,904	0
Jul.	80	42,4	380	23,712	-18,688	0
Ago.	109,1	42,4	380	32,5584	-9,8416	0
Set.	144	42,4	380	43,168	0,768	0,768
Out.	133,9	42,4	380	40,0976	-1,5344	0
Nov.	94,3	42,4	380	28,0592	-14,3408	0
Dez.	68,3	42,4	380	20,1552	-22,2448	0

N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:

9

Confiança(%):

25

O gráfico a seguir mostra os volumes calculados nas simulações.

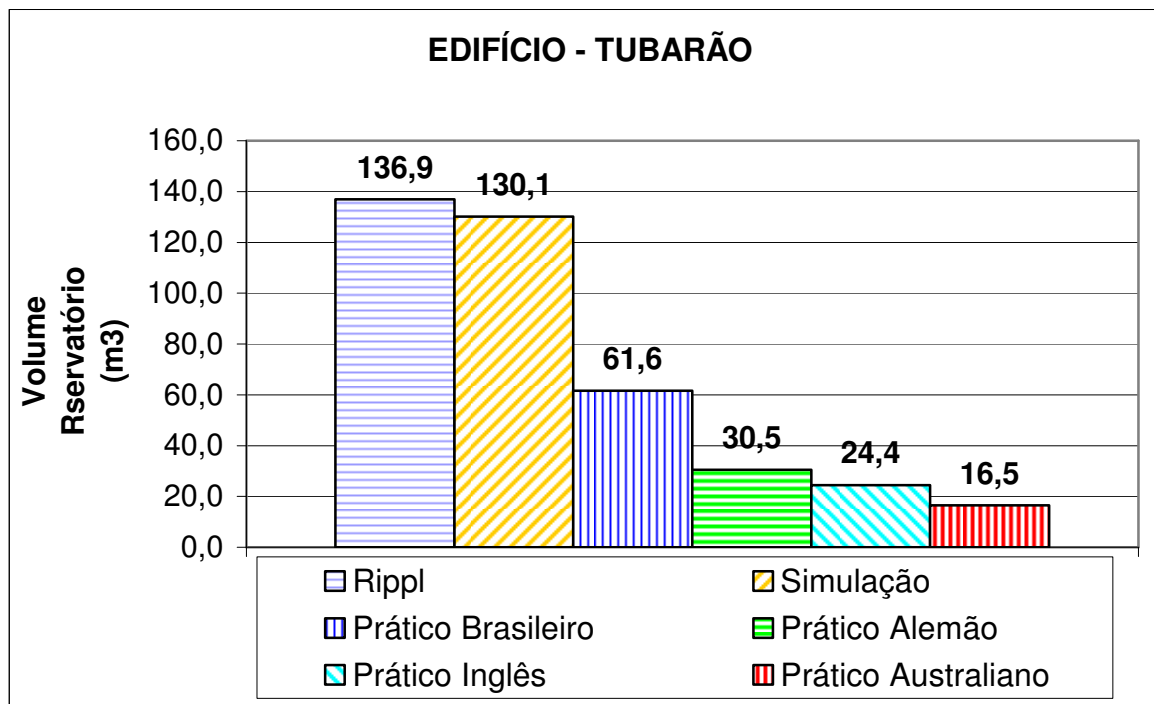


FIGURA 38 – GRÁFICO VOLUME (EDIFÍCIO – TUBARÃO)

Após as simulações é feita a verificação dos volumes calculados.

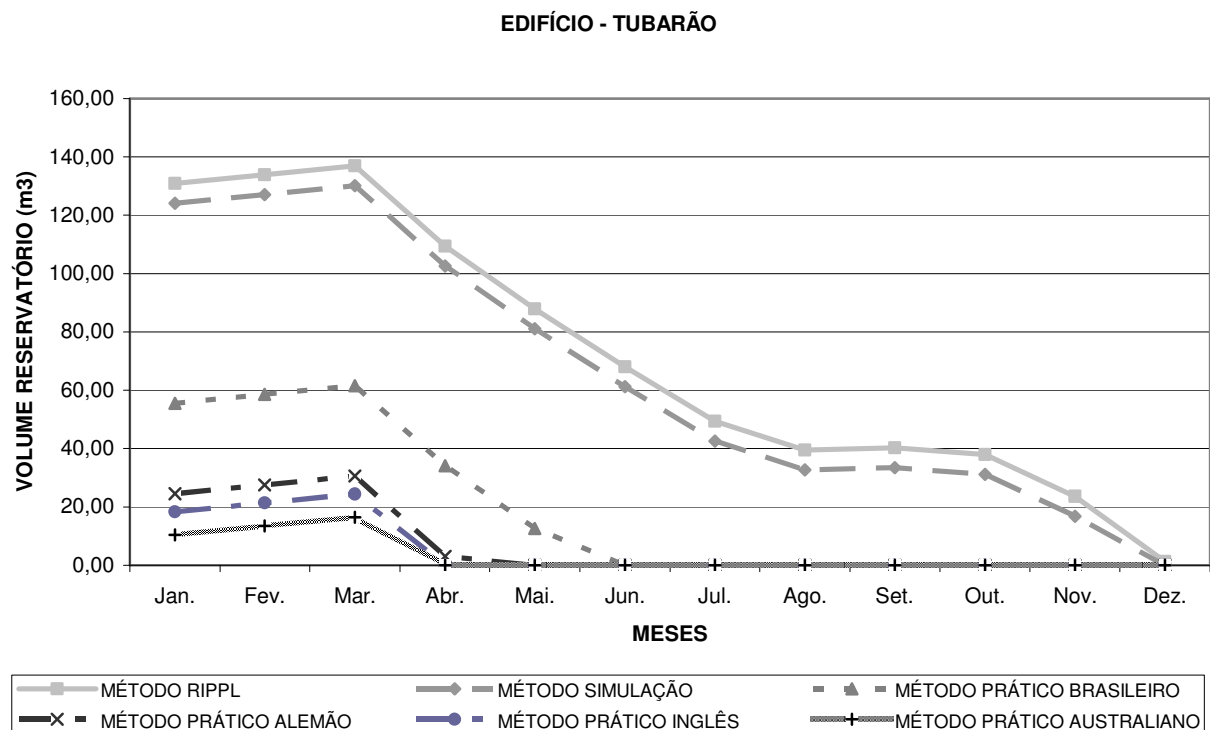


FIGURA 39 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (EDIFÍCIO – TUBARÃO)

Método Rippl: verifica-se que o volume calculado pelo método de Rippl é necessário para se obter uma autonomia anual de água potável.

Método simulação: para o volume calculado no método da simulação o sistema não irá superar a demanda apenas no mês de dezembro.

Método prático brasileiro: o sistema de aproveitamento de água de chuva, de acordo com o método prático brasileiro, irá possuir água apenas nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio.

Método prático alemão: com o volume calculado para o método prático alemão o sistema irá superar a demanda apenas nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril.

Método prático inglês: através do gráfico gerado para o método prático inglês é possível observar que o sistema irá superar a demanda apenas nos meses de janeiro, fevereiro e março.

Método prático australiano: de acordo com o gráfico anterior é possível observar que o reservatório de água de chuva irá ficar sem água durante 09 (nove) meses.

A partir dos resultados gerados nas simulações e nas verificações fica constatado que o volume necessário para que a edificação não fique sem água durante todo o ano seja de 136,9m³ o que inviabiliza a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um edifício.

6.4 INDÚSTRIA

6.4.1 Localidade: Celso Ramos

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Indústria
Localidade:	Celso Ramos
N° Pessoas:	35
N° Carros:	5
Área Irrigação (m2):	0
Área Lavação (m2):	1000
Precipitação Média Anual (mm):	1575,5
Precipitação Média Mensal (mm):	131,3
Área de Captação (m2):	1000
Coefficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	65000
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	1
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	133,4	65	1000	106,72	-41,72	0
Fev.	76,5	65	1000	61,2	3,8	3,8
Mar.	104,6	65	1000	83,68	-18,68	0
Abr.	161,7	65	1000	129,36	-64,36	0
Mai.	115,7	65	1000	92,56	-27,56	0
Jun.	111,2	65	1000	88,96	-23,96	0
Jul.	124,3	65	1000	99,44	-34,44	0
Ago.	73,4	65	1000	58,72	6,28	6,28
Set.	172,6	65	1000	138,08	-73,08	0
Out.	180,8	65	1000	144,64	-79,64	0
Nov.	128,8	65	1000	103,04	-38,04	0
Dez.	190,6	65	1000	152,48	-87,48	0

Volume Reservatório (m3): 10,1

MÉTODO SIMULAÇÃO

Volume Reservatório Fixado (m3): 6,3

Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	133,4	65	106,72	48,02	6,3
Fev.	76,5	65	61,2	2,5	2,5
Mar.	104,6	65	83,68	21,18	6,3
Abr.	161,7	65	129,36	70,66	6,3
Mai.	115,7	65	92,56	33,86	6,3
Jun.	111,2	65	88,96	30,26	6,3
Jul.	124,3	65	99,44	40,74	6,3
Ago.	73,4	65	58,72	0,02	0,02
Set.	172,6	65	138,08	73,1	6,3
Out.	180,8	65	144,64	85,94	6,3
Nov.	128,8	65	103,04	44,34	6,3
Dez.	190,6	65	152,48	93,78	6,3

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	66171,0
V (m3) =	66,2

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	46800
Vaodotado (m3) =	46,8

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	78775
Vaodotado (m3) =	78,8

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		7,9
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	133,4	65	1000	105,12	40,12	7,9
Fev.	76,5	65	1000	59,6	2,5	2,5
Mar.	104,6	65	1000	82,08	19,58	7,9
Abr.	161,7	65	1000	127,76	70,66	7,9
Mai.	115,7	65	1000	90,96	33,86	7,9
Jun.	111,2	65	1000	87,36	30,26	7,9
Jul.	124,3	65	1000	97,84	40,74	7,9
Ago.	73,4	65	1000	57,12	0,02	0,02
Set.	172,6	65	1000	136,48	71,5	7,9
Out.	180,8	65	1000	143,04	85,94	7,9
Nov.	128,8	65	1000	101,44	44,34	7,9
Dez.	190,6	65	1000	150,88	93,78	7,9
N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:					0	
Confiança(%):		100				

O gráfico a seguir mostra os volumes calculados nas simulações feitas.

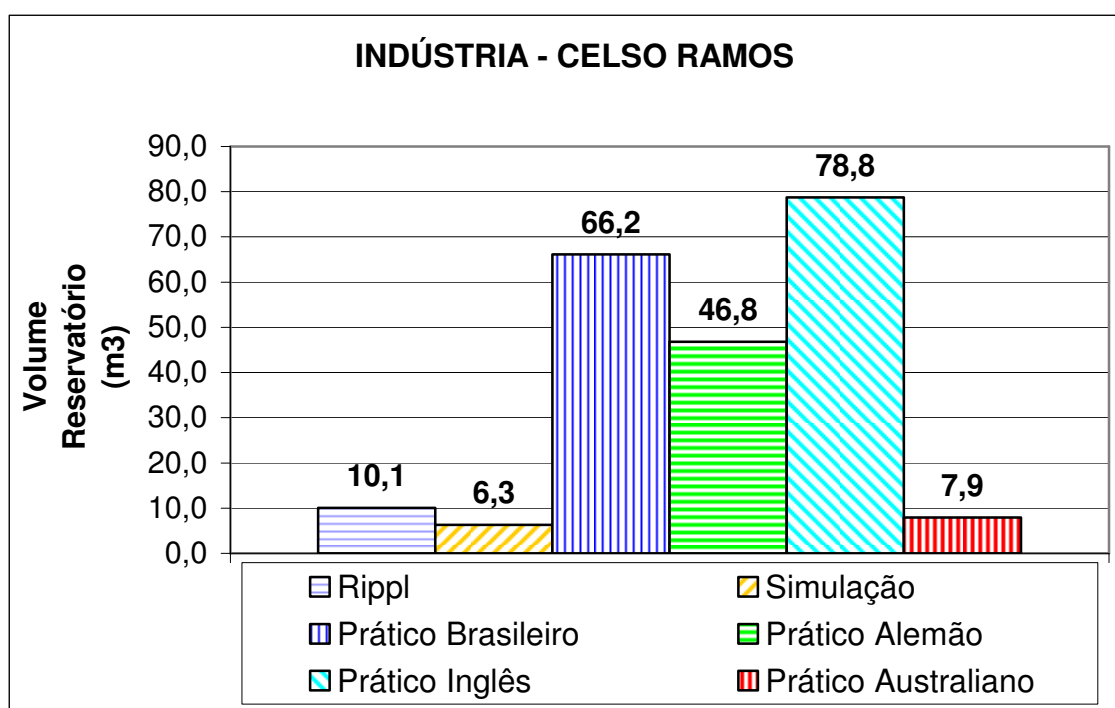


FIGURA 40 – GRÁFICO VOLUME (INDÚSTRIA – CELSO RAMOS)

Após feitas todas as simulações é feita a verificação com os volumes calculados.

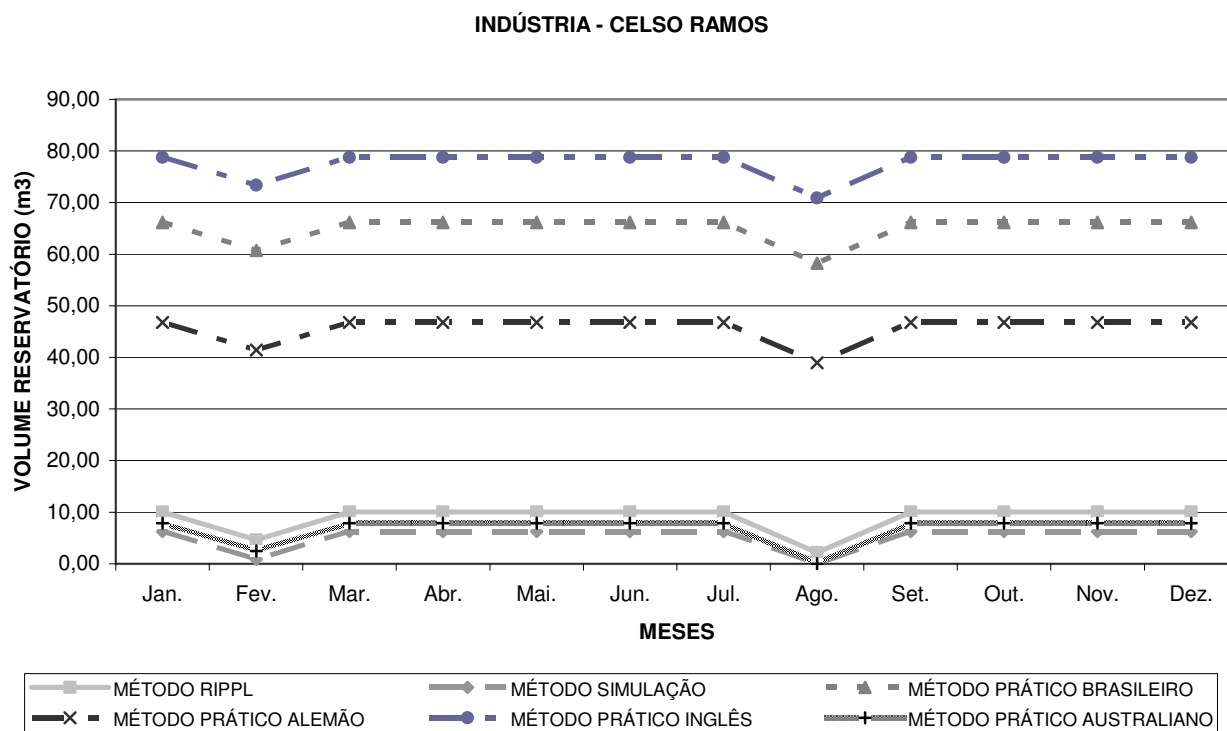


FIGURA 41 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (INDÚSTRIA – CELSO RAMOS)

Método Rippl: observando-se o gráfico é possível observar que ocorre um rebaixamento no nível do reservatório entre os meses de janeiro e fevereiro e entre julho e agosto.

Método simulação: é possível verificar através da verificação feita que ocorre uma falta de água no sistema no mês de agosto.

Método prático brasileiro: o gráfico nos mostra que o sistema obteve uma autonomia anual de água de chuva.

Método prático alemão: o volume calculado para o método prático alemão consegue superar a demanda em todos os meses do ano.

Método prático inglês: verifica-se através do gráfico gerado que o nível de água no interior do tanque sofre uma pequena queda entre janeiro e fevereiro e outra entre julho e agosto.

Método prático australiano: de acordo com o gráfico verifica-se que o nível do reservatório sofre uma forte queda entre os meses de julho e agosto, mas não ocorre a falta de água.

O volume necessário para que o sistema de aproveitamento de água de chuva de uma indústria, situada no município de Celso Ramos, tenha uma autonomia anual de água de chuva é de $7,9\text{m}^3$. Este valor é necessário para que o sistema consiga superar a demanda mensal de água pluvial durante o período de maior estiagem no ano. O volume de $7,9\text{m}^3$ foi determinado através do método prático australiano.

O volume comercial mais indicado seria de 10.000 litros.

6.4.2 Localidade: Joinville

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Indústria
Localidade:	Joinville
N° Pessoas:	35
N° Carros:	5
Área Irrigação (m2):	0
Área Lavação (m2):	1000
Precipitação Média Anual (mm):	2113,2
Precipitação Média Mensal (mm):	176,1
Área de Captação (m2):	1000
Coeficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	65000
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	1
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	327,5	65	1000	262	-197	0
Fev.	261,1	65	1000	208,88	-143,88	0
Mar.	230	65	1000	184	-119	0
Abr.	139,9	65	1000	111,92	-46,92	0
Mai.	75,7	65	1000	60,56	4,44	4,44
Jun.	96,1	65	1000	76,88	-11,88	0
Jul.	108	65	1000	86,4	-21,4	0
Ago.	106,8	65	1000	85,44	-20,44	0
Set.	203,4	65	1000	162,72	-97,72	0
Out.	200,6	65	1000	160,48	-95,48	0
Nov.	194,7	65	1000	155,76	-90,76	0
Dez.	169,4	65	1000	135,52	-70,52	0
Volume Reservatório (m3):			4,4			

MÉTODO SIMULAÇÃO		Volume Reservatório Fixado (m3):		4,5	
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	327,5	65	262	201,5	4,5
Fev.	261,1	65	208,88	148,38	4,5
Mar.	230	65	184	123,5	4,5
Abr.	139,9	65	111,92	51,42	4,5
Mai.	75,7	65	60,56	0,06	0,06
Jun.	96,1	65	76,88	11,94	4,5
Jul.	108	65	86,4	25,9	4,5
Ago.	106,8	65	85,44	24,94	4,5
Set.	203,4	65	162,72	102,22	4,5
Out.	200,6	65	160,48	99,98	4,5
Nov.	194,7	65	155,76	95,26	4,5
Dez.	169,4	65	135,52	75,02	4,5

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	88754,4
V (m3) =	88,8

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	46800
Vadotado (m3) =	46,8

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	105660
Vadotado (m3) =	105,7

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		6,1
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	327,5	65	1000	260,4	195,4	6,1
Fev.	261,1	65	1000	207,28	148,38	6,1
Mar.	230	65	1000	182,4	123,5	6,1
Abr.	139,9	65	1000	110,32	51,42	6,1
Mai.	75,7	65	1000	58,96	0,06	0,06
Jun.	96,1	65	1000	75,28	10,34	6,1
Jul.	108	65	1000	84,8	25,9	6,1
Ago.	106,8	65	1000	83,84	24,94	6,1
Set.	203,4	65	1000	161,12	102,22	6,1
Out.	200,6	65	1000	158,88	99,98	6,1
Nov.	194,7	65	1000	154,16	95,26	6,1
Dez.	169,4	65	1000	133,92	75,02	6,1
Nº Meses que o reservatório não atendeu a demanda:					0	
Confiança(%):		100				

O gráfico a seguir mostra os volumes obtidos em todas as simulações feitas para a localidade em questão.

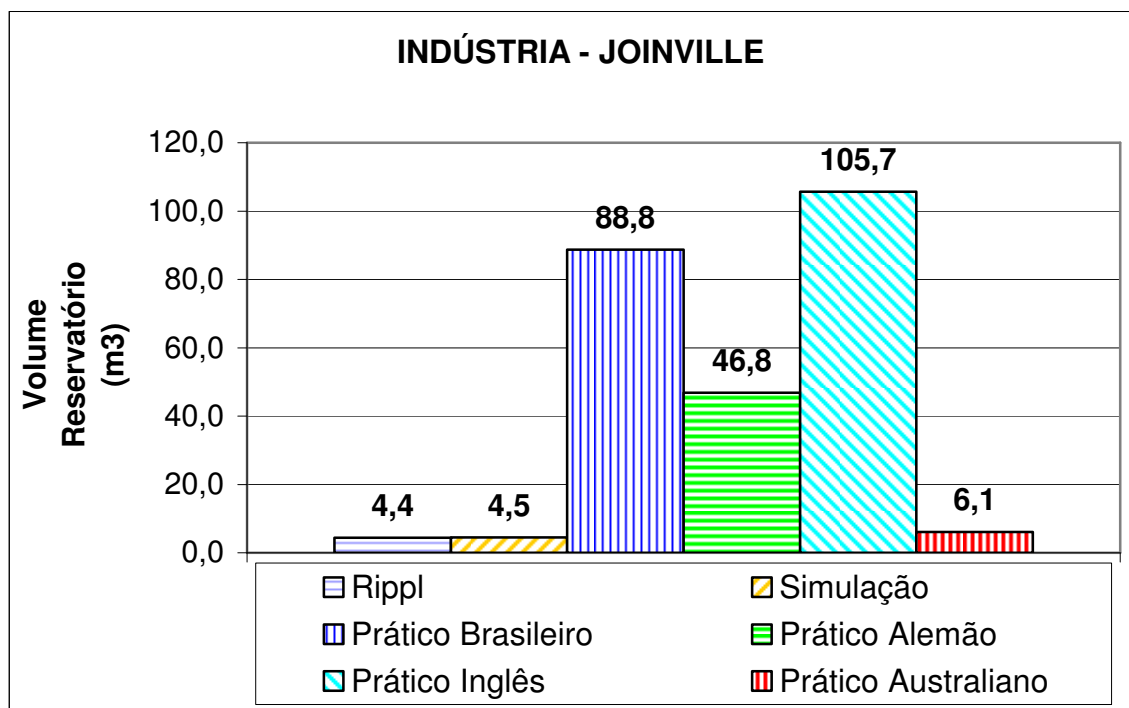


FIGURA 42 – GRÁFICO VOLUME (INDÚSTRIA – JOINVILLE)

Depois de feitas todas as simulações então foram feitas todas as verificações dos volumes calculados nas simulações.

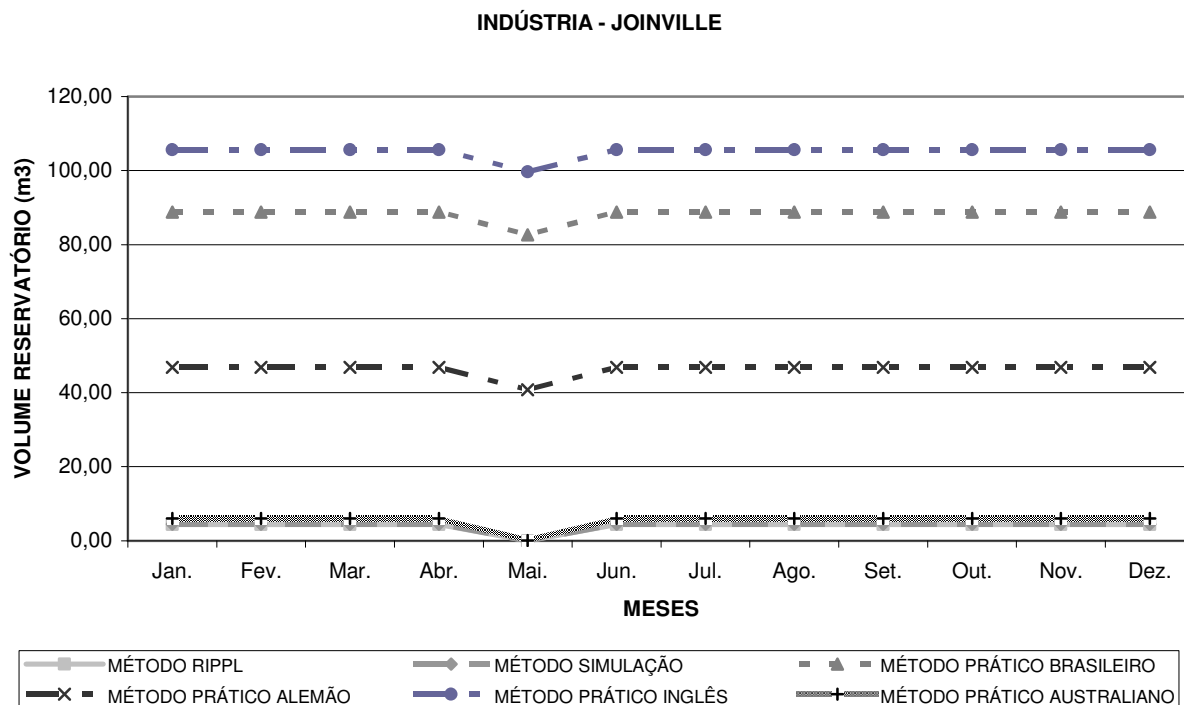


FIGURA 43 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (INDÚSTRIA – JOINVILLE)

Método Rippl: observa-se através do gráfico que o sistema irá ficar sem água no mês de maio.

Método simulação: é possível observar através do gráfico gerado que o irá faltar água no tanque no mês de maio.

Método prático brasileiro: para o volume calculado no método prático brasileiro o sistema não irá ficar sem água durante todo o ano em questão.

Método prático alemão: verifica-se que entre o mês de abril e maio ocorre uma queda no nível de água no interior do tanque, mas não acarretando em falta de água para o sistema.

Método prático inglês: entre o mês de abril e maio ocorre um rebaixamento no nível de água no tanque de água pluvial.

Método prático australiano: observa-se que entre o mês de abril e maio ocorre uma forte queda no nível de água no interior do reservatório.

O método prático australiano gerou um volume de $6,1\text{m}^3$ o que é necessário para que o sistema de aproveitamento de água de chuva consiga garantir uma autonomia anual de água não potável.

O volume comercial indicado para a edificação em análise é de 7.5000 litros.

6.4.3 Localidade: Tubarão

DADOS DE ENTRADA:	
Tipologia da Edificação:	Indústria
Localidade:	Tubarão
N° Pessoas:	35
N° Carros:	5
Área Irrigação (m2):	0
Área Lavação (m2):	1000
Precipitação Média Anual (mm):	1286,1
Precipitação Média Mensal (mm):	107,1
Área de Captação (m2):	1000
Coeficiente de Escoamento Superficial:	0,8
Demanda (Litros/mês):	65000
N° Meses de Pouca Chuva ou Seca:	3
Perdas (mm):	2

MÉTODO RIPPL						
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Demanda Mensal - Volume de Chuva Mensal (m3)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m3)
Jan.	121,5	65	1000	97,2	-32,2	0
Fev.	151,5	65	1000	121,2	-56,2	0
Mar.	185,7	65	1000	148,56	-83,56	0
Abr.	51,1	65	1000	40,88	24,12	24,12
Mai.	70,7	65	1000	56,56	8,44	8,44
Jun.	76	65	1000	60,8	4,2	4,2
Jul.	80	65	1000	64	1	1
Ago.	109,1	65	1000	87,28	-22,28	0
Set.	144	65	1000	115,2	-50,2	0
Out.	133,9	65	1000	107,12	-42,12	0
Nov.	94,3	65	1000	75,44	-10,44	0
Dez.	68,3	65	1000	54,64	10,36	10,36
Volume Reservatório (m3):			48,1			

MÉTODO SIMULAÇÃO			Volume Reservatório Fixado (m3):		37,8
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Reservatório no Tempo t (m3)	Volume Real de Água no Reservatório (m3)
Jan.	121,5	65	97,2	70	37,8
Fev.	151,5	65	121,2	94	37,8
Mar.	185,7	65	148,56	121,36	37,8
Abr.	51,1	65	40,88	13,68	13,68
Mai.	70,7	65	56,56	5,24	5,24
Jun.	76	65	60,8	1,04	1,04
Jul.	80	65	64	0,04	0,04
Ago.	109,1	65	87,28	22,32	22,32
Set.	144	65	115,2	72,52	37,8
Out.	133,9	65	107,12	79,92	37,8
Nov.	94,3	65	75,44	48,24	37,8
Dez.	68,3	65	54,64	27,44	27,44

MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO

V (Litros) =	162048,6
V (m3) =	162,0

MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Vadotado (Litros) =	46800
Vadotado (m3) =	46,8

MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Vadotado (Litros) =	64305
Vadotado (m3) =	64,3

MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO				Volume Reservatório (m3):		44,2
Mês	Precipitação Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m3)	Área Captação (m2)	Volume de Chuva Mensal (m3)	Volume de Água no Tanque no Fim do Mês t (m3)	Volume Real de Água no Tanque no Fim do Mês (m3)
Jan.	121,5	65	1000	95,6	30,6	30,6
Fev.	151,5	65	1000	119,6	85,2	44,2
Mar.	185,7	65	1000	146,96	126,16	44,2
Abr.	51,1	65	1000	39,28	18,48	18,48
Mai.	70,7	65	1000	54,96	8,44	8,44
Jun.	76	65	1000	59,2	2,64	2,64
Jul.	80	65	1000	62,4	0,04	0,04
Ago.	109,1	65	1000	85,68	20,72	20,72
Set.	144	65	1000	113,6	69,32	44,2
Out.	133,9	65	1000	105,52	84,72	44,2
Nov.	94,3	65	1000	73,84	53,04	44,2
Dez.	68,3	65	1000	53,04	32,24	32,24
N° Meses que o reservatório não atendeu a demanda:					0	
Confiança(%):		100				

O gráfico a seguir mostra os volumes calculados nas simulações.

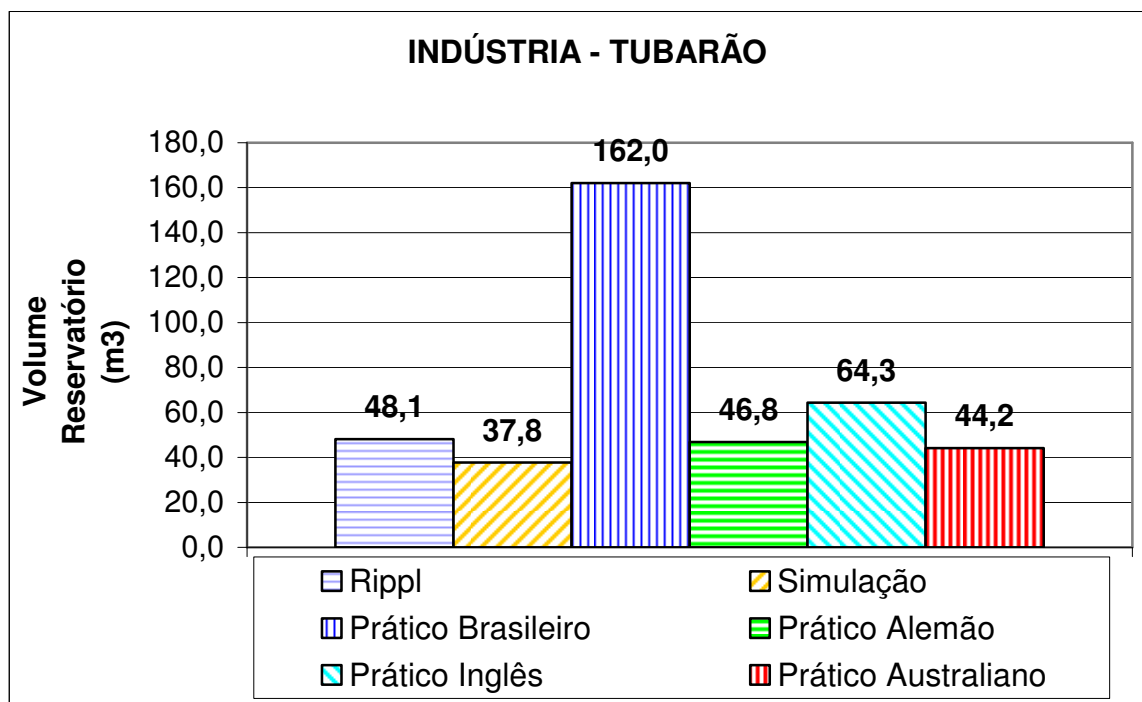


FIGURA 44 – GRÁFICO VOLUME (INDÚSTRIA TUBARÃO)

Depois de feitas todas as simulações foi realizada a verificação para cada volume calculado.

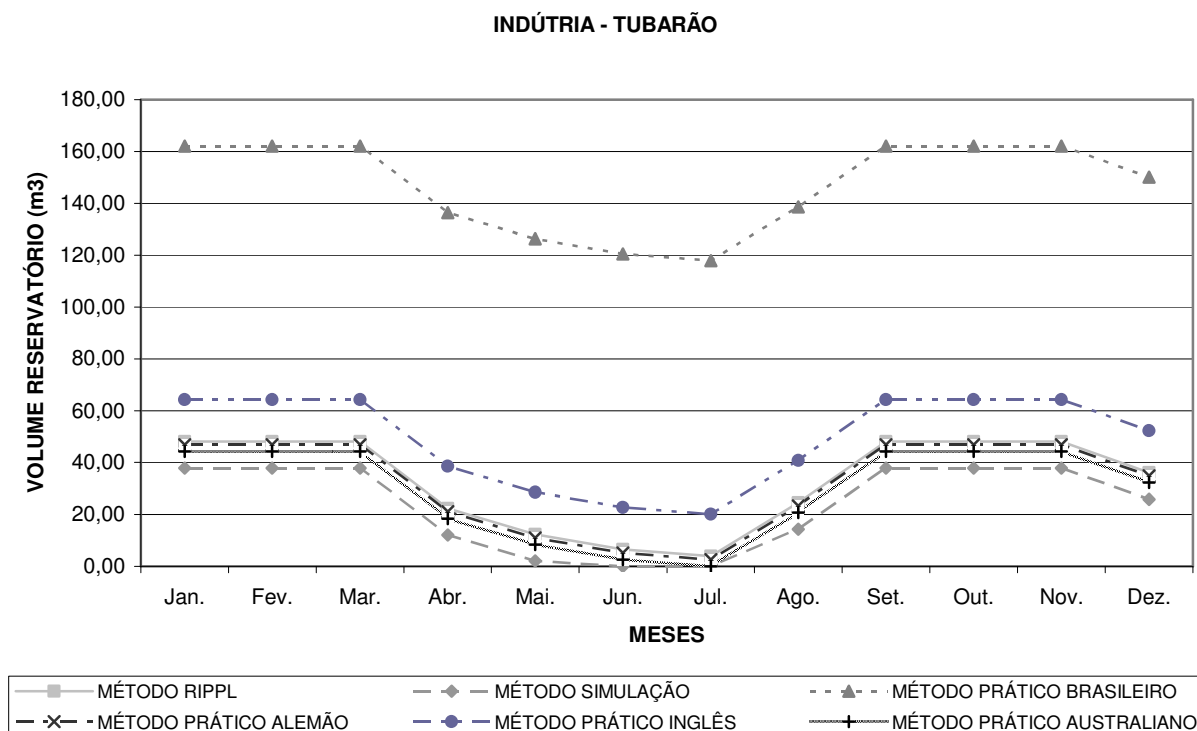


FIGURA 45 – GRÁFICO VERIFICAÇÃO (INDÚSTRIA – TUBARÃO)

Método Rippl: verifica-se que ocorre um rebaixamento no nível do tanque entre os meses de março e julho.

Método simulação: através do gráfico gerado observa-se que o sistema não superou a demanda nos meses de junho e julho.

Método prático brasileiro: para o método prático brasileiro o volume calculado nas simulações é suficiente para garantir a autonomia anual para o sistema.

Método prático alemão: de acordo com o gráfico gerado é possível afirmar que o sistema não ficará sem água.

Método prático inglês: observa-se que o nível do reservatório sofre uma queda entre os meses de março e julho.

Método prático australiano: é possível verificar que entre os meses de março e julho houve uma grande queda no interior do tanque de água pluvial.

O volume mais conveniente para uma indústria localizada em Tubarão, de acordo com o método prático australiano, é de $44,2\text{m}^3$. Este volume garantirá que o reservatório não fique vazio durante o ano em questão.

Volume comercial recomendado é de 45.000 litros.

6.5 POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

A seguir é mostrada a matriz de relevância, matriz normalizada e a matriz normalizada ponderada para a hierarquização das edificações em relação ao potencial de utilização da águas pluviais captadas.

	Área Captação (m ²)	Espaço Físico (%)	Demanda Potencial
Casa Urbana	150	30	1,67
Casa Rural	250	60	1,46
Edifício	380	15	0,94
Indústria	1000	80	1,61
PESO (%)	35	35	30

FIGURA 46 – MATRIZ DE RELEVÂNCIA

	Área Captação (m ²)	Espaço Físico (%)	Demanda Potencial
Casa Urbana	0,14	0,28	0,58
Casa Rural	0,23	0,57	0,50
Edifício	0,34	0,14	0,32
Indústria	0,90	0,76	0,56
PESO (%)	35	35	30

FIGURA 47 – MATRIZ NORMALIZADA

7 CONCLUSÃO

Foi verificado através dos resultados obtidos que para edifícios não é recomendado à adoção de um sistema de aproveitamento de água de chuva devido à relação área de captação/demanda. Isto por que a demanda de um edifício é muito grande com relação a sua área de captação. Mesmo que a questão econômica não foi abordada neste trabalho foi verificado que os volumes necessários para os reservatórios de água pluvial em um edifício são exorbitantes o que inviabiliza a implantação de tal sistema. Para as demais edificações analisadas por este trabalho ficou determinado, através dos resultados, os volumes mais adequados para cada uma delas.

Através dos resultados deste trabalho também foi possível verificar a hierarquia das edificações quanto ao potencial de utilização das águas pluviais captadas. Através de uma matriz de relevância e se utilizando uma ferramenta de apoio a decisão, sendo ela o método TOPSIS, foi verificado que seria muito conveniente para uma indústria a adoção de um sistema de aproveitamento de água pluvial ao contrário de um edifício que ficou em último lugar na hierarquização das edificações.

Para todos os tipos de edificações, com exceção das casas urbanas localizadas em Joinville e Tubarão onde o método escolhido foi o da simulação, foi determinado que o método mais adequado fosse o método prático australiano. Isto por que o método prático australiano consegue chegar a valores otimizados para o reservatório de águas pluviais além de fazer uma investigação mensal das precipitações na região onde se encontra tal sistema. Outro fator que levou a escolha do método prático australiano foi que ele considera uma perda de 2mm na precipitação média mensal devido a perdas na interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação que os outros métodos não levam em consideração nos seus roteiros de cálculo. O método prático australiano é mais aconselhável por apresentar no final do seu roteiro de cálculo uma confiança para o resultado obtido sendo que os demais métodos não se utilizam de tal ferramenta.

Ficou constatado também que os métodos práticos brasileiros, alemão e inglês não são aconselháveis para o dimensionamento dos reservatórios de água de chuva. Isto por que eles não levam em consideração o regime de chuva das regiões onde se encontra o sistema de aproveitamento de água pluvial, ou seja, não ocorre uma investigação das precipitações mensais o que leva, de acordo com os resultados obtidos, a um superdimensionamento dos reservatórios.

O fator que levou a escolha de um método para cada tipo de edificação, como mostrado nos resultados, foi a autonomia do sistema, ou seja, permitir que o sistema consiga superar a demanda mensal de água não potável mesmo nos períodos de pouca chuva. Mas além da autonomia também se procurou escolher o método que proporcionasse o menor volume para o reservatório para tentar trazer mais benefícios para edificação analisada visto que alguns volumes gerados pelos métodos são excessivamente grandes.

Com base neste trabalho as pessoas que queiram utilizar um sistema de aproveitamento de água de chuva e seguirem a norma NBR – 15527 para a implantação de tal sistema podem se norteiar para a escolha do método mais adequado a se adotar entre todos os propostos pela norma citada anteriormente.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3P TECHNIK. **Sistemas para aproveitamento da água de chuvas**. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com>>. Acesso em: 10 abr. 2008.

ABNT. NBR 13969 – **Tanques Sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro 1997.

ABNT. NBR 15527 - **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro 2007.

ACQUASAVE – Sistema de aproveitamento de água de chuva. Disponível em: <http://www.acquasave.com.br/index_acqua.php3>. Acesso em: 23 mai. 2008.

ANA, FIESP E SindusCon-SP. **Conservação e Reuso de água em edificações**. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005.

ANA – Agência Nacional de Águas – Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

CACUPÉ METALÚRGICA. Instruções para instalação. Disponível em: <http://www.bellacalha.com.br/index_bra.html>. Acesso em: 02 abr. 2008.

CANHOLI, A.P. **Soluções estruturais não-convencionais em drenagem urbana**. 1995. 263 p. Tese (doutorado em engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reuso de Água; FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica; DTC Engenharia. **Conservação e Reuso de Água**. Disponível em: <<http://www.usp.br/cirra/index2.html>>. Acesso em: 10 fev. 2008.

CPTEC – Centro de previsão de tempo e estudos climáticos – Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/clima>>. Acesso em: 03 mar. 2008.

DTU – DEVELOPMENT TECHNOLOGY UNIT. **Domestic Roofwater harvesting technology**. School of Engineering, University of Warwick, UK. Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/components4.html>>. Acesso em: 25 jan. 2008.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – EPAGRI / CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E HIDROMETEOROLOGIA – CIRÂM – Disponível em: <<http://www.epagri.rct-sc.br/>>. Acesso em 15 jan. 2008.

EPA – Environmental Protection Agency – Disponível em: <<http://www.epa.gov/>>. Acesso em: 16 abr. 2008.

FENDRICH, Roberto; OLYNIK, Rogério. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 maneiras práticas**. Curitiba, PR: Ed. 2002.

GNADLINGER, J. **Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro**. In: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 1999, Petrolina. Anais eletrônicos... Embrapa do Semi-Árido. Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br/doc/technology>>. Acesso em: 29 mai. 2008.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água de chuva**. Curitiba , 2002, 1ª edição. Ed. Organic Trading, 196 p.

HOFKES E FRAISER. **Runoff coeficients**. In Rainwater Harvesting de Pacey, Arnold e Cullis, Adrian, 1996.

INMET – Instituto nacional de meteorologia – Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 11 mai. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 29 jan. 2008.

IRCSA – International Rainwater Catchment Systems Association – Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/>>. Acesso em: 25 abr. 2008.

JAKUES, Reginaldo Campolino; Universidade Federal de Santa Catarina. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Florianópolis, 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental

KOBIYAMA, Masato; USHIWATA, Cláudio Tsuyoshi; AFONSO, Manoela dos Anjos. **Aproveitamento da água da chuva**. Curitiba: Organic Trading Editora, 2002. 196p.

MACOMBER, P. S.H. **Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii**. College of tropical agriculture and human resources. Manoa: University of Hawaii at Manoa, 2001. Disponível em: <<http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/RM-12.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2008.

MAY, S. (2004). **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva Para Consumo Não Potável em Edificações**. São Paulo. 159p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Ministério da Saúde – Disponível em: <<http://www.saude.gov.br>>. Acesso em: 27 mai. 2008.

OEA - ORGANIZATION OF AMERICAN STATES. UNIT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ENVIRONMENT GENERAL SECRETARIAT. **Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean**. Washington, D.C., 1997. Disponível em - <<http://www.oas.org>>. Acesso em: 08 abr. 2008.

OMS – Organização Mundial da Saúde – Disponível em: <<http://www.who.int/en/>>. Acesso em: 10 jun. 2008.

ONU – Organização das Nações Unidas – Disponível em:<<http://www.onu-brasil.org.br/>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

PIO, Anícia Aparecida Baptistello; Agência Nacional de Águas (Brasil); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: ANA, 2005. 151p.

PROSAB - Programa de pesquisa em Saneamento Básico. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/noticias.htm>>. Acesso em: 17 mar. 2008.

SOARES, Sebastião Roberto; **ENS 5125 - Gestão e Planejamento Ambiental**. Florianópolis, 2007. 161p.

SICKERMANN, J.M. **Gerenciamento sustentável das águas de chuva: imprescindível para o futuro das grandes cidades do Brasil**. In: Simpósio Brasileiro sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, 5., 2005, Teresina. Anais. Teresina: ABCMAC, 2005.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD; CENTER FOR MAXIMUM POTENCIAL BUILDING SYSTEMS. **Texas Guide to Rainwater Harvesting**. 2ª ed. Austin: B. Hoffman; K. Heroy; J. Hopkins (ed.), 1997

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva**. 1ª ed. Ed. Navegar, 2003.

TOMAZ, P. T. **Conservação da Água**. São Paulo, 1997, 294 p.